

AUS DEM ZAHNÄRZTLICHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH
ABTEILUNG KRONEN UND BRÜCKEN

Leiter: Prof. Dr. E. Dolder

Physikalische Eigenschaften von thermoplastischen Abdruckstoffen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der medizinischen Fakultät der Universität Zürich

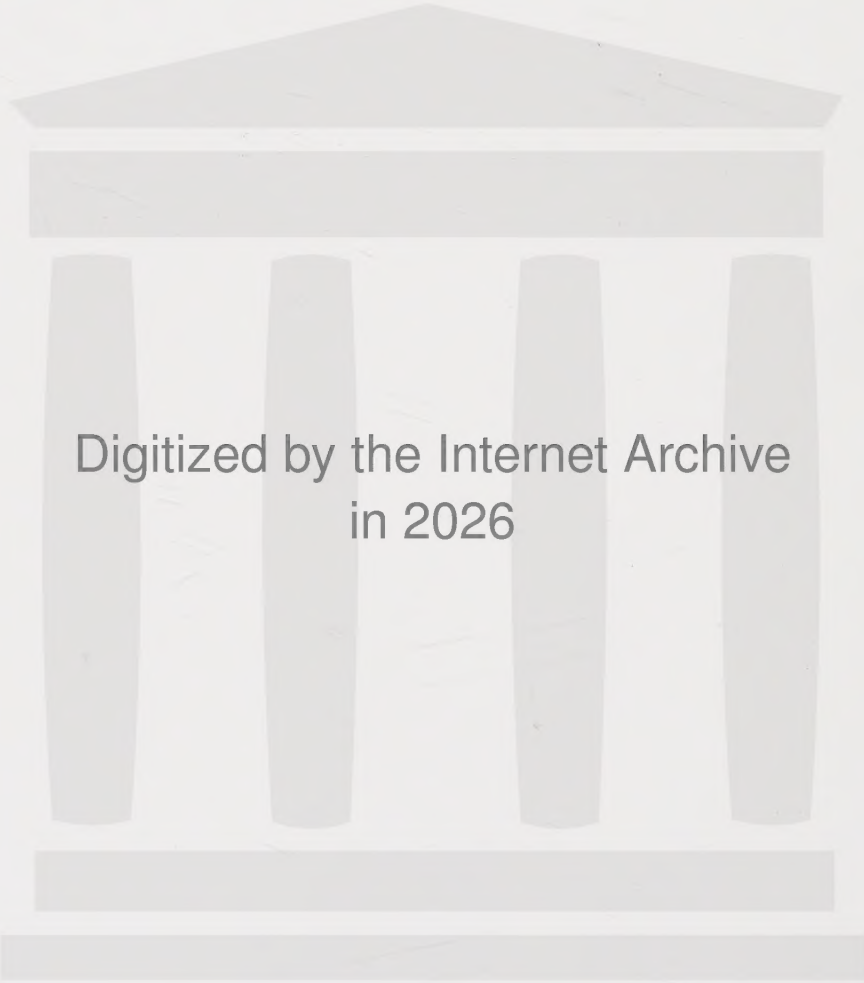
vorgelegt von

THEODOR BRUNNER

von Oberglatt (Kanton Zürich)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. dent. E. Dolder

1954



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507224_0096

AUS DEM ZAHNÄRZTLICHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH
ABTEILUNG KRONEN UND BRÜCKEN

Leiter: Prof. Dr. E. Dolder

Physikalische Eigenschaften von thermoplastischen Abdruckstoffen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

THEODOR BRUNNER

von Oberglatt (Kanton Zürich)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. dent. E. Dolder



Meinen lieben Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<i>I. Allgemeiner Teil</i>	
1. Einleitung	7
2. Die Bedeutung der thermoplastischen Abdruckstoffe in der Geschichte der Abdrucknahme	8
3. Allgemeine Anforderungen, die an eine Abdruckmasse gestellt werden	9
4. Zusammensetzung der sogenannten «Kompositionsmassen»	12
5. Die Mikrostruktur der Kompositionsmassen (Eigene Untersuchungen)	13
<i>II. Spezieller Teil</i>	
A. Die Plastizität der thermoplastischen Abdruckstoffe	
1. Der Begriff der Plastizität	19
2. Die Vorbereitung der Kompositionsmassen zur Abdrucknahme	20
3. Die Bestimmung der Fließfähigkeit nach den Vorschriften der Spezifikation Nr. 3 der American Dental Association (1939)	20
4. Die Anforderungen der Spezifikation Nr. 3 der American Dental Association an die Fließfähigkeit der Kompositionsmassen	22
5. Die Spezifikationskurve als Idealkurve der Erweichung der thermoplastischen Abdruckstoffe	22
6. Die Fließfähigkeit von 7 verschiedenen Kompositionsmassen auf Grund eigener Untersuchungen	24
B. Die Abdruckschärfe der thermoplastischen Abdruckstoffe	
1. Der Begriff der Abdruckschärfe und ihre Abhängigkeit vom physikalischen Verhalten der Kompositionsmassen	30
2. Die Prüfung der Abdruckschärfe nach den Bestimmungen der American Dental Association Specification No. 3	32
3. Die Abdruckschärfe der Kompositionsmassen auf Grund eigener Untersuchungen	33
<i>III. Zusammenfassung</i>	42
<i>IV. Literaturverzeichnis</i>	44

I. ALLGEMEINER TEIL

1. Einleitung

Hinreichende fachliche Kenntnisse und genügende praktische Erfahrungen sind die Grundbedingungen für den Erfolg einer zahnärztlichen Behandlung. Von eminenter Bedeutung für das Gelingen einer zahnärztlichen Arbeit ist dabei aber auch die Verwendung einwandfreier, geeigneter Werkstoffe. So wie jede Behandlung ihren bestimmten Arbeitsgang hat, so fordert sie auch die hierfür spezifisch notwendigen Werkstoffe. Auf dem Gebiete der Abdrucknahme im Munde hat diese Forderung ihre besondere Gültigkeit; die Herstellung eines tadellosen Arbeitsmodells, das die Verhältnisse im Munde des Patienten genau wiedergibt, ist vor allem in der prothetischen Zahnheilkunde erstes Gebot.

Die Brauchbarkeit eines Modells ist einerseits abhängig von den Eigenschaften des Abdruckstoffes, anderseits von den Qualitäten des Materials, welches zum Ausgießen des Abdrucks verwendet wird. Die Art der Arbeit, die anatomischen und physiologischen Besonderheiten (Kieferform, Zahnstellung, Speichelfluß usw.) des Patienten sind Faktoren, die von Fall zu Fall ein bestimmtes Abdruckverfahren vorschreiben.

Allen Abdruckstoffen ist gemeinsam, daß sie sich im Momente der Applikation im Munde des Patienten in plastischem Zustande befinden und nach einer bestimmten Zeit im Munde erstarren. Als plastisch wird ein Stoff bezeichnet, wenn er unter Krafteinwirkung oder durch sein eigenes Gewicht seine Form verändert und diese hernach beibehält. Gewisse Abdruckmaterialien können nach erfolgter Abdrucknahme erneut in den fließfähigen (plastischen) Zustand übergeführt werden; sie sind reversibel plastisch. Bei diesen Stoffen erfolgt der Übergang vom festen in den plastischen Zustand durch Erhitzen; sie werden deshalb auch thermoplastische Abdruckstoffe genannt. Andere Abdruckstoffe können nach erfolgter Abdrucknahme nicht mehr in den fließfähigen Zustand zurückgeführt werden; sie sind irreversibel plastisch.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, daß sich die Abdruckmaterialien in zwei große Gruppen einteilen lassen:

1. reversibel plastische Abdruckstoffe

- a. Wachse
- b. Guttapercha
- c. Kompositionsmassen
- d. hydrokolloidale Massen

2. irreversibel plastische Abdruckstoffe

- a. Gipse
- b. ZnO-Eugenol-Pasten
- c. Alginatmassen
- d. Kunststoffe

2. Die Bedeutung der thermoplastischen Abdruckstoffe in der Geschichte der Abdrucknahme

Erkrankungen des Zahnes und des Zahnfaches sind nach den Ergebnissen der Anthropologie schon sehr früh bekannt. In etruskischen Gräbern wurden Gebisse gefunden, an denen erstmals (um 500 v. Chr.) Zähne mittels Goldbändern an Nachbarzähnen befestigt waren. Der Römer Cornelius Celsus (25—50 v. Chr.) versuchte, durch Goldligaturen wackelige Zähne an andere zu befestigen; später wurden dann auf die gleiche Art extrahierte Zähne in Lücken eingesetzt. Das Aufstellen künstlicher Zähne nach Modellen, d. h. eine primitive Abdrucktechnik, war den alten Römern jedenfalls noch nicht bekannt, obwohl das Abdrucknehmen von Gesichtern mit Wachs oder Gips zur Zeit Alexanders des Großen durch Lysistratus von Sycion schon geübt wurde.

Obwohl die Anfänge der Prothetik ins Altertum zurück zu datieren sind, war man bei der Herstellung von Prothesen bis ins späte Mittelalter noch auf recht primitive Mittel angewiesen. Die Abdrucknahme der Kiefer war bis zu dieser Zeit noch nicht bekannt. Mittels Papierstreifen mußten die Zahnlücken ausgemessen werden; auf Grund dieser Ausmessungen und nach mehrmaligem Einprobieren im Munde konnte der Zahnersatz fertiggestellt werden. Zur Vereinfachung schlug der Breslauer Stadtarzt Matthias Gotthelf Purrmann (1648—1721) vor, ein genaues Wachsmodell des Kiefers herzustellen, nach welchem dann die Zähne geschnitzt werden konnten. Aus seinen Aufzeichnungen geht jedoch nicht eindeutig hervor, ob er die Modelle auf Grund eines vorherigen Abdrucks bekam.

Um die Mitte des 18. Jahrhunderts kam Philipp Pfaff, der Zahnarzt Friedrichs des Großen, auf die Idee, Abdrücke des Kiefers mit Wachs zu nehmen und sie dann mit Gips auszugießen. Große Wachsabdrücke nahm er in zwei Teilen aus dem Mund heraus.

Somit war Wachs als thermoplastischer Abdruckstoff das erste Material, das zur Abdrucknahme des Kiefers verwendet wurde.

Nach den Angaben von Harris, Austen und Andrieu im Lehrbuch: «Traité théorique et pratique de l'art du dentiste, 1874» gelang es Westkott, Dunning und Bridges als ersten, mit Gips Abdrücke des Kiefers zu nehmen. Sie hatten die ausgezeichnete Präzision des Gipses für die Abdrucknahme erkannt; doch wurden damit vorerst nur Abdrücke von zahnlosen Kiefern genommen, da das Abdrucknehmen von bezahnten Kiefern mit untersichgehenden Partien oft von erheblichen Schwierigkeiten begleitet war. Die geringe Elastizität des gewöhnlichen Gipses und seine ungewöhnliche Härte waren ungünstige Faktoren. Diese wurden später überwunden, als dem Gips durch Zugabe von Formsand und Bimsstein seine Härte etwas reduziert und seine Erhärtungszeit etwas verkürzt werden konnten (Kühn).

Die im Jahre 1843 von den Schotten Montgomerrie und Jozé d'Almeida in Europa eingeführte *Guttapercha* erwies sich trotz verschiedenen Zusätzen wegen zu großer Zähigkeit und Klebrigkeit für zahnärztliche Abdrücke vorerst als ungeeignet. 1860 gelang es dann Christoph Stent in London, eine sog. Kompositionsmasse herzustellen, in welcher Harze (Kopal, Kolophonium) in Stearinsäure gelöst waren und Talkum zugefügt war. In den folgenden Jahren wurden diese Kompositionsmassen verfeinert und

ihre Qualitäten durch Zugabe weiterer Stoffe noch verbessert. In Ermangelung von Rohmaterialien während des letzten Krieges wurden die Naturprodukte auch durch synthetische Kunststoffe ersetzt.

Das Jahr 1927 brachte den ersten *hydrokolloidalen, reversiblen Abdruckstoff* auf Agarbasis, nämlich das *Dentokoll* (Poller), der wegen seiner elastischen Eigenschaften bei großer Genauigkeit geschätzt wurde. Der erste hydrokolloidale, irreversible Abdruckstoff auf Alginatbasis erschien 1940 auf dem Markte als *Zelex*. Daneben fanden für bestimmte Zwecke die Abdruckpasten auf ZnO-Eugenolbasis in dünner Schicht immer mehr Verwendung, deren Plastizität und Erhärtungszeit leicht reguliert werden kann.

3. Allgemeine Anforderungen, die an eine Abdruckmasse gestellt werden

Damit ein Stoff zur Abdrucknahme im Munde Verwendung finden kann, muß er nach *Dolder* (Schw. M. f. Z. 9. 785, 1940) folgenden Anforderungen genügen:

I. Physiologische Faktoren

1. Auf das lebende Gewebe (Mundschleimhaut, Zähne), mit dem es in Kontakt gebracht wird, soll das Material keinen biologisch schädlichen Einfluß ausüben hinsichtlich zeitlicher Liegedauer, Temperatur (max. 45 Grad Celsius), Druck, Zug, Wasseraustausch, chemische Reagenzien, Adhäsion.
2. Bei den Sinnesorganen (Geruch, Geschmack, Tast- und Schmerzsinne) soll das Material während der gesamten Abdrucknahme weder unangenehme Sensationen hervorrufen, noch Reflexe auslösen (Speichelsekretion, Schluckbewegungen).
3. Zufällig verschlucktes Abdruckmaterial soll im Verdauungstraktus keine Störungen verursachen.

II. Operationstechnische Faktoren

1. Die Aufbewahrung vor dem Gebrauch

Das zur Abdrucknahme bestimmte Material soll über einen unbeschränkten Zeitraum gelagert werden können, ohne daß die Verwendungsart und die gleichmäßige Präzision der Resultate beim jeweiligen Gebrauch sich ändern und ohne daß Bakterien- und Pilzwachstum auf ihm möglich ist.

2. Die Vorbereitung des Materiales zur Abdrucknahme

Sämtliche Utensilien sollen leicht transportierbar sein. Die Bereitstellung soll in kurzer Zeit mit einfachen Manipulationen und wenigen Geräten eine homogene, blasenfreie, plastische Masse ergeben, die sich gut am Abdruckgerät adaptiert.

3. Der Akt der Abdrucknahme

- a. Die Applikation in plastischem Zustand soll mit einfachen Manipulationen und einfachen Geräten möglich sein. Beim Abdrucknehmen im Unterkiefer muß das Material genügend Festigkeit besitzen, um nicht sofort vom umgekehrten Abdruckgerät herunterzufließen.
- b. Die Erhärtung des Materiales soll in kurzer Zeit (zirka 5 Minuten) ohne komplizierte zusätzliche äußere Maßnahmen und unabhängig von den Mundverhältnissen (Wärme, Feuchtigkeit) vor sich gehen.
- c. Die Entfernung des erhärteten Abdruckes soll rasch in einem Stück (ohne Zerbrechen) und ohne Hängenbleiben von Resten im Munde, festhaltend am Abdruckgerät, mit einfachen Manipulationen (ohne Zuhilfenahme von besonderen Instrumenten), ohne Verletzung der Schleimhaut, sowie ohne Schädigung der Zähne erfolgen.

4. Sterilisierbarkeit

Bei der Wiederverwendung eines Abdruckmaterials soll es möglich sein, das gebrauchte Material auf einfache Weise sterilisieren zu können, um eine Infektion des nächsten Patienten unbedingt auszuschließen.

III. Laboratoriumstechnische Faktoren

1. Herstellung des Modellpositives

- a. Der Abdruck soll ohne komplizierte Apparatur einige Zeit aufbewahrbar sein, ohne Veränderung der Form, des Volumens und der chemischen Zusammensetzung, sowie ohne Wachstum von Mikroorganismen oder Absonderung eines Bestandteiles an der Oberfläche.
- b. Der Abdruck soll mit Gips, Hartgips, eventuell auch mit Amalgam, Zement, Kunststoff oder Metall ausgießbar sein.
- c. Das Ausgießen des Abdruckes soll ohne eine das Original fälschende Zwischenschicht möglich sein.
- d. Abdruckmaterial und Ausgußmaterial sollen sich bei ihrer gegenseitigen Berührung nicht schädlich beeinflussen (z. B. durch Wasserabgabe oder -entzug, Abfärbung).
- e. Das Abdruckmaterial soll sich vom erstarrten Positivmodell leicht und in kurzer Zeit ablösen lassen, ohne daß das Modell zerbrochen und dessen glatte Oberfläche verletzt wird oder Reste daran hängen bleiben. Ebenso soll sich das Material leicht von den Hilfsgeräten entfernen lassen.

2. Herstellung von Modellkopien

Es soll möglich sein, mit dem Abdruckmaterial auch Abdrücke von Modellen zu nehmen, um genaue Duplikate herstellen zu können.

In «The Science of Dental Materials» fordert *Skinner* (1936) von den thermoplastischen Abdruckstoffen folgende Eigenschaften:

1. Sie sollten vollständig hart werden bei oder wenig über Mundtemperatur.
2. Sie sollten plastisch sein bei einer Temperatur, die der Patient noch gut ertragen kann.
3. Sie sollten keine reizenden oder giftigen Bestandteile enthalten.
4. Sie sollten gleichmäßig erhärten, ohne sich zu verziehen oder sich zu entmischen.
5. Sie sollten genügend kohäsiv werden und von einer Konsistenz sein, die es erlaubt, alle Feinheiten von Rillen und Markierungen wiederzugeben; ferner sollten sie alle Details auch nach der Erhärtung beibehalten. Zudem sollten sie nicht klebrig sein.
6. Wenn der Abdruck dem Munde entnommen wird, sollten sie nicht bleibend deformiert werden oder brechen; schlußendlich sollten alle untersichgehenden Stellen im Abdruck wiedergegeben sein.
7. Sie sollten keine Form- oder Volumenveränderungen durchmachen.
8. Beim Durchziehen durch die Flamme sollten sie eine glatte und glänzende Oberfläche aufweisen.
9. Sie sollten nicht zerbröckeln, wenn sie bei Zimmertemperatur bearbeitet werden.
10. Bei normaler Raumtemperatur und Feuchtigkeit sollten sie ihre Form und Gestalt unbeschränkt beibehalten.

Die *Spezifikation Nr. 3* der American Dental Association 1940 unterscheidet zwischen eigentlichen Abdruckstoffen und sog. Abdrucklöffelmassen zur Herstellung individueller Abdrucklöffel. An die Abdruckstoffe werden folgende Anforderungen gestellt:

1. Das Material soll homogen und zur Abdrucknahme innerhalb der Mundhöhle geeignet sein.
2. Völlige Homogenität der Struktur.
3. Glänzende, glatte Oberfläche nach dem Durchziehen durch die Flamme.
4. Feste und glatte Ränder nach dem Zuschneiden bei Zimmertemperatur.
5. Gute Abdruckschärfe: Die Masse soll die Oberfläche eines Testblockes bei 45 Grad C in allen ihren Oberflächenfeinheiten wiedergeben.
6. Die Abdruckstoffe müssen bei Mundtemperatur genügend starr sein; sie sollen wenig über Mundtemperatur eine beginnende Erweichung aufweisen und sie sollen schließlich bei einer Temperatur, die für die Mundschleimhaut noch ohne Beschwerden ertragbar ist, eine ausreichende Bearbeitungsplastizität zeigen.

Aus diesen allgemeinen Forderungen ergeben sich für die Fließuntersuchungen spezielle Forderungen, auf die später eingegangen wird.

Die sehr divergierenden Anforderungen verlangen von den Abdruckmassen eine beachtliche Vielseitigkeit ihrer Eigenschaften. Bis heute ist es der Industrie noch nicht gelungen, einen vollkommen idealen Abdruckstoff auf den zahnärztlichen Markt zu bringen. Neben gewissen Vorteilen haften jedem Abdruckstoff Nachteile an, die sie in bestimmten Fällen für die Abdrucknahme als ungeeignet erscheinen lassen. Individuelle anatomische und physiologische Unterschiedlichkeiten einerseits, technische Verschiedenheiten andererseits, verbieten die Anwendung eines allgemeingültigen Abdruckverfahrens. Neben der Wahl des geeigneten Abdruckstoffes ist das Beherrschen der eingeschlagenen Abdruckmethode für die Gewinnung eines guten Abdruckes von entscheidender Bedeutung.

4. Zusammensetzung der sogenannten «Kompositionsmassen»

Die Zusammensetzung der thermoplastischen Kompositionsmassen ist je nach dem Produkt verschieden und jeweils nur der Herstellerfirma bekannt. Für die erste Kompositionsmasse von Stent in London wurde 1883 folgende Zusammensetzung angegeben:

1. Kopal	19 %
2. Krapplack	17 %
3. Stearin und Ölsäure	24 %
4. Talkpulver	40 %

Die Grundsubstanzen der Kompositionsmassen sind Harze, die in Stearinsäure gelöst werden. Zur Herabsetzung der Klebrigkeit werden Füllkörper, vorwiegend Talkum, beigegeben. Zur Erhöhung der Elastizität eignen sich Schellack, Kautschuk, Guttapercha und Styrol als Zusatzmittel. Nach Falck sind auch gewisse Weichmachungsmittel von besonderer Bedeutung: Triphenylphosphat und Trikresylphosphat. Diese Stoffe geben der Masse die nötige Formbarkeit; der Erweichungspunkt der Harze wird durch sie herabgesetzt und ihre Sprödigkeit vermindert. Zum gleichen Zwecke werden auch Paraffin und Wachs beigegeben. Der am meisten verwendete Farbstoff ist das fettlösliche Krapp-Rot. In neuerer Zeit werden die Naturharze durch synthetische Stoffe ersetzt.

Kopale sind harte, bernsteinähnliche Harze. Sie sind ein Ausscheidungsprodukt von teils fossilen, teils lebenden Koniferen aus Afrika, den Philippinen, Südamerika und den Molukken. Je nach dem Herkunftsort unterscheidet man verschiedene Kopale, z. B. der Manila-Kopal (Molukken), der zur Herstellung der thermoplastischen Abdruckstoffe am häufigsten Verwendung findet. Der Schmelzpunkt der Kopale liegt zwischen 220 und 230 Grad C. Kopalharze von guter Qualität sind hoch im Preis und zu Kriegzeiten wegen erschwerten Imports kaum erhältlich.

Kolophonium ist der feste gelb-braune Rückstand von der Destillation der Terpentine. Das durchsichtige terpentinartig riechende Harz erhöht die Kohäsion des Abdruckmaterials. Der Smp. des Kolophoniums liegt bei 137 Grad C.

Stearinsäure Smp. 69 Grad C. Sie dient als Lösungsmittel der Harze (Kopal und Kolophonium) und bedingt dadurch die Plastizität der Massen. Sie ist ein Glycerinester von tierischen Fetten und ist meist vermischt mit Palmitin- oder Ölsäure. Palmitin- und Stearinsäure erniedrigen wechselseitig ihren Schmelzpunkt, so daß der Erweichungspunkt eines solchen Gemisches schon bei 48 Grad C liegen kann. Ihrem physikalischen Verhalten nach ist die Stearinsäure ein kristalliner Stoff. Stearinsäure kann zum Teil auch durch Paraffin ersetzt werden.

Talkum Magnesium-Silikat, ein sich fettig anführendes, weißes Pulver; es dient als Füllkörper und zur Herabsetzung der Klebrigkeit. Talkum bleibt innerhalb der Verarbeitungstemperatur der Kompositionsmassen kristallinisch und ist gegenüber der Stearinsäure und den Harzen indifferent.

Die quantitative Beteiligung der angeführten Stoffe ist in den heutigen Produkten ungefähr folgende:

Harze (Kopal und Kolophonium)	37 %
Stearinsäure	18 %
Talkum	45 %
	100 %

Die flüssige Stearinsäure und die ihrer Natur nach amorphen Harze sind in jedem Verhältnis mischbar. Die Löslichkeit der Harze in der Stearinsäure nimmt aber mit sinkender Temperatur ab. Beim Erstarren der Abdruckmasse bildet die Stearinsäure im flüssigen Harz ein Netzwerk von Kristallen. Durch Veränderung des Verhältnisses Stearinsäure : Harz kann der Erstarrungspunkt einer Kompositionsmasse in höhere oder tiefere Temperaturbereiche verlegt werden. Die Temperatur, bei der sich beim Erhärten in den Harzen ein Skelett von Stearinkristallen bildet, ist die gewünschte Erhärtungstemperatur und wird als «harding point» bezeichnet.

Die Kristallisation der Stearinsäure trägt zur Härte des erstarrten Abdruckmaterials bei; jede Störung während des Wachstums der Kristalle soll deshalb vermieden werden. Das ist besonders dann der Fall, wenn bei einem Abdruckstoff der Erstarrungspunkt unter der Mundtemperatur liegt, so daß der Abdruckstoff vor der Entnahme aus dem Munde nicht vollständig erhärten kann.

Über die Beschaffenheit der Stents-Massen schreiben Bakker und Bakker-Land: «Auch unter 40 Grad Celsius bleibt die Stents-Masse essentiell eine Flüssigkeit, die also durch geringe, aber lange währende Kräfte umgeformt werden kann. Über 40 Grad C ist die Stents-Masse eine Suspension von Talkum in einer Lösung von Stearinsäure und Harz. Bei Temperaturerhöhungen von 1 bis 2 Grad C über 40 Grad nimmt die Fließfähigkeit dieser Massen sehr schnell zu. Für die Umformung der Masse bei dieser Temperatur ist die Zeit ein wichtigerer Faktor als die Kraft.»

Bei der Herstellung der Kompositionsmassen werden Kopal und Kolophonium in Stearinsäure vermischt und hernach werden die fettlöslichen Farbstoffe beigelegt. Unter Hinzugabe von Talkum werden die Stoffe zu einer homogenen Masse geknetet und darauf in Platten gepreßt. Zur Erzeugung einer gewissen Elastizität wird den Kompositionsmassen auch *Schellack* (bis zu 30 %) zugefügt. In den Handel gelangen diese Produkte entweder als braune, rote, schwarze, grüne oder weiße Platten von 5 bis 9 cm Durchmesser oder als Stangen von 7 bis 11 cm Länge.

5. Die Mikrostruktur der Kompositionsmassen (Eigene Untersuchungen)

Um einen Überblick über die innere Struktur der Kompositionsmassen zu erhalten, wurde die Oberfläche von Abdruckproben der verschiedenen Massen vorerst mit dem gewöhnlichen Mikroskop bei 25-facher Vergrößerung betrachtet. Trotz der geringen Vergrößerung konnten schon beachtliche Struktur-Unterschiede beobachtet werden:

I. Vergrößerung 25-fach, gewöhnliches Licht

Kerr rot:	sehr homogene, feine Struktur, Oberfläche glatt mit feinen Lunkern und kleinen, weißen Flecken.
Kerr grün:	ähnlich wie Kerr rot, jedoch etwas feinere Struktur, vereinzelt feine Lunker, sonst Oberfläche sehr glatt.
Xantymen dunkelgrün:	Struktur sehr fein, ohne grobe Einschlüsse, Oberfläche glatt mit feinen, weißen Lunkern.
Xantymen hellgrün:	Oberfläche mit vielen kleinen Unregelmäßigkeiten, zahlreiche kleine, helle Flecken aufweisend, ohne grobe Einschlüsse, Struktur weniger homogen als bei Xantymen dunkelgrün.
De Trey grün:	sehr feine, homogene Struktur, Oberfläche glatt, mit feinen Unregelmäßigkeiten, zahlreiche sehr feine, weiße Flecken.
Stents:	Struktur weniger homogen und gröber als bei De Trey grün, Oberfläche mit feinen Lunkern.
Ruscher «Bellastic»:	mattglänzend, Oberfläche unregelmäßig mit zahlreichen weißen, großen und kleinen Flecken, Struktur sehr inhomogen, viele grobe Einschlüsse.

Einen etwas tieferen Einblick in die Struktur der Kompositionsmassen erlaubte die Betrachtung der Materialien unter dem Polarisationsmikroskop. Bei der Herstellung der mikroskopischen Präparate wurde nach der von *Schrag* angegebenen Methode vorgegangen:

Eine kleine Probe der zu untersuchenden Abdruckmasse wurde auf einem Objektträger sorgfältig, ohne das Material zu verbrennen, erwärmt und mit Hilfe eines Deckgläschens zu einer dünnen Schicht ausgepreßt.

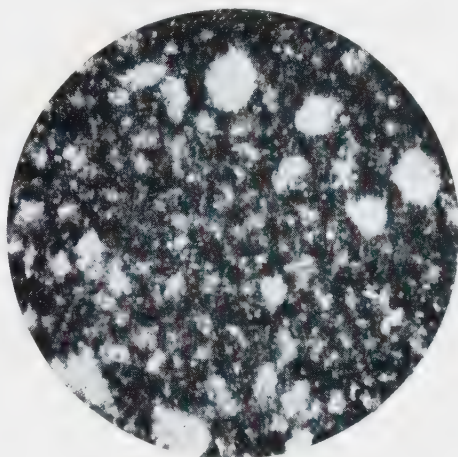
Die Betrachtung der mikroskopischen Präparate erfolgte bei 100-facher Vergrößerung im gewöhnlichen und im polarisierten Licht.

II. Vergrößerung 100-fach, polarisiertes Licht

Kerr rot

Die Masse erscheint gleichmäßig fein gekörnt, mit zahlreichen größeren kristallinen Einschlüssen. Einzelne scharfkantige, bläulich-violett gefärbte Kristalle sind als Talkum erkennbar; auch die größeren gelben Körper konnten im Talkum festgestellt werden.

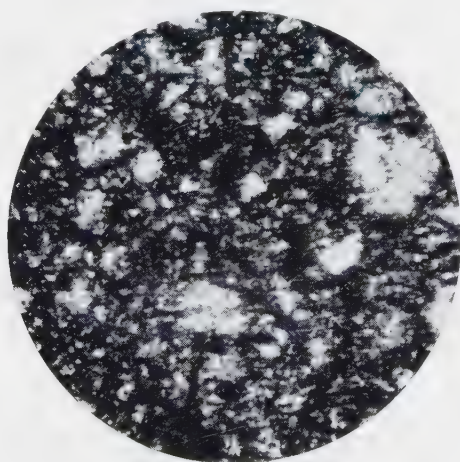
Abb. 1. Kerr rot
Vergrößerung 100-fach, polarisiertes Licht



Kerr grün

Grundmasse homogen und fein gekörnt. Ebenfalls sind gelbe und scharfkantige blau-violette Kristalle erkennbar, jedoch weniger zahlreich und etwas feiner als bei Kerr rot.

Abb. 2. Kerr grün
Vergrößerung 100-fach, polarisiertes Licht



Xantygen dunkelgrün

Das Material weist eine sehr feine, gleichmäßige Struktur auf. Die groben Bestandteile sind stark zertrümmert. In der Grundmasse sind zahlreiche feine, nadelartige und scharfkantige Kristalle erkennbar.

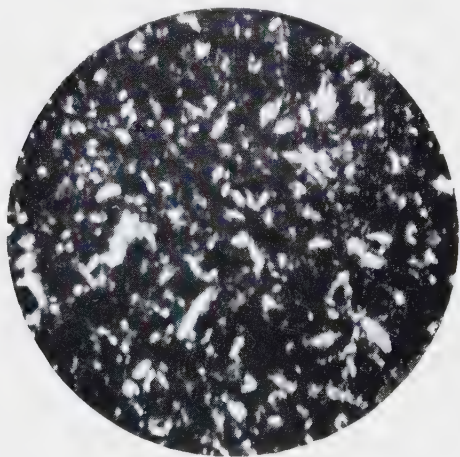


Abb. 3. Xantygen dunkelgrün
Vergrößerung 100-fach, polarisiertes Licht

Xantygen hellgrün

Die Masse erscheint ähnlich wie das dunkelgrüne Xantygen, jedoch sind in der gleichmäßig gekörnten Grundmasse gröbere, nadelartige, kristalline Einschlüsse erkennbar.

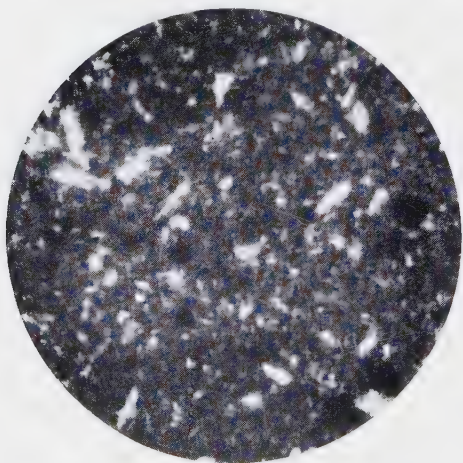
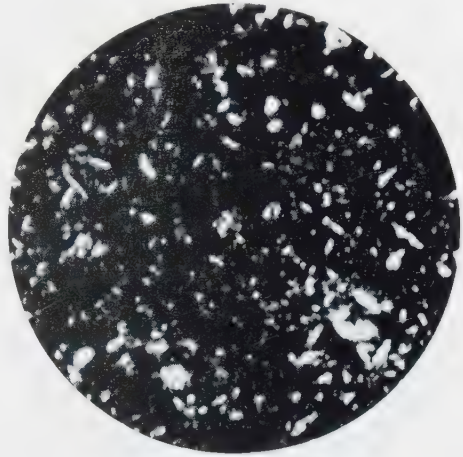


Abb. 4. Xantygen hellgrün
Vergrößerung 100-fach, polarisiertes Licht

De Trey grün

Die Masse weist eine sehr feine, einheitlich homogene Struktur auf. Als Einschlüsse sind feine, gelbe und blau-violette doppelbrechende Kristalle erkennbar. Grobe Körper sind nicht feststellbar.

Abb. 5. De Trey grün
Vergrößerung 100-fach, polarisiertes Licht



Stents

Die Grundmasse ist stark gemahlen, jedoch sind darin zahlreiche gröbere, rundliche und nadelförmige Einschlüsse erkennbar. Die Masse macht einen weniger homogenen Eindruck als De Trey grün.

Abb. 6. Stents
Vergrößerung 100-fach, polarisiertes Licht



Ruscher «Bellastic»

Die Grundmasse ist durchsetzt mit einer großen Zahl von feineren und gröberen Einschlüssen. Ähnlich wie im Talkum sind gelbe und blau-violette Bestandteile erkennbar. Die Vermahlung der Bestandteile ist offenbar nicht sehr groß, jedenfalls sind die gröberen Körper auffallend zahlreich vorhanden.

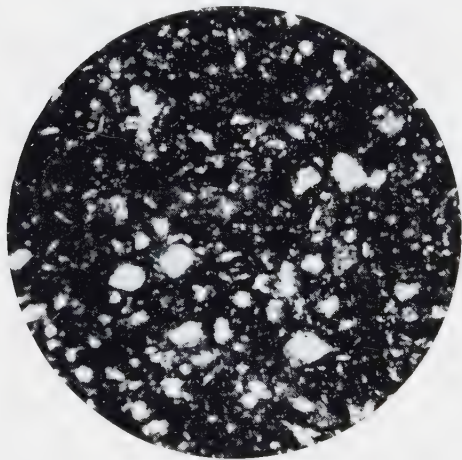


Abb. 7. Ruscher «Bellastic»
Vergrößerung 100-fach, polarisiertes Licht

Eine genauere Diagnose auf Grund der Mikrostruktur der einzelnen Kompositionsmassen kann nicht angegeben werden. Hierzu müßten die einzelnen Bestandteile (Harze, Stearinsäure, Talkum usw.) aus den Materialien extrahiert und gesondert betrachtet werden.

Schlußendlich zeigen die sieben Mikrophotogramme aber doch, wie unterschiedlich die Feinstruktur der verschiedenen Abdruckstoffe ist. Interessant ist auch die Feststellung, daß der Vermahlungsgrad der einzelnen Bestandteile bei den synthetischen Produkten (Xantegen, De Trey) allgemein höhere Grade zu erreichen scheint als bei den Naturprodukten (Kerr, Ruscher).

II. SPEZIELLER TEIL

A. Die Plastizität der thermoplastischen Abdruckstoffe

1. Der Begriff der Plastizität

Bei den kristallinen Stoffen sind die Moleküle und Atome in bestimmten gegenseitigen Abständen und unter bestimmten Winkeln zueinander angeordnet. Dadurch erhält der Körper als Kristall ein gesetzmäßiges, inneres Gefüge (Raumgitter). Solche feste Stoffe mit kristalliner Struktur lassen sich nur durch große Kräfte umformen.

Feste Stoffe ohne kristalline Struktur werden als amorph bezeichnet; sie setzen einer Änderung der Form nur geringen Widerstand entgegen.

In den Kompositionsmassen finden sich Stoffe kristalliner (Stearinsäure, Talkum) als auch solche amorpher (Harze) Struktur. Die amorphen Bestandteile bestimmen dabei weitgehend den Grad der Plastizität.

Unter der Einwirkung einer äußeren Kraft erleidet der feste Körper eine Formveränderung. Im Körper entsteht durch diese erzwungene Formveränderung eine Spannung. Die Formveränderung ist anfänglich proportional zur einwirkenden Kraft und verschwindet vollständig nach Aufheben der Krafteinwirkung. In dieser Phase ist der Körper elastisch. Wenn dann bei größerer Krafteinwirkung eine Dauerdeformation des Körpers eintritt, ohne daß der Körper reißt oder bricht, dann ist die Elastizitätsgrenze überschritten und der Körper ist in die *plastische* Phase eingetreten. Bei der elastischen Formveränderung wird die zur Deformation benötigte Arbeit bei der Rückkehr des Körpers in den ursprünglichen Zustand wieder frei; bei der plastischen Formveränderung wird sie zur Überwindung der «inneren Reibung» zwischen den Strukturteilchen aufgebraucht.

Durch Wärmezufuhr kann die Elastizitätsgrenze eines Körpers herabgesetzt werden, d. h. er beginnt sich früher plastisch zu verformen. Oberhalb der Elastizitätsgrenze entsteht bei gleicher Krafteinwirkung, aber erhöhter Temperatur eine größere Formveränderung des Körpers.

Bei den kristallinen Stoffen steigert sich die Plastizität, je mehr wir uns deren Schmelzpunkt nähern. Beim Schmelzpunkt nimmt die Fluidität sprunghaft zu, indem der Körper in den flüssigen Zustand übergeht.

Der Grad der plastischen Formveränderung eines Körpers ist abhängig:

1. von der Struktur der den Körper zusammensetzenden Grundstoffe (Kornfeinheit, Schmelzpunkt, quantitative Zusammensetzung),
2. von der Temperatur,
3. von der Zeit,
4. vom angewendeten Druck.

Bei den viskosen (ihrer Natur nach amorphen) Stoffen spielt die Zeit, während welcher die Kraft einwirkt, im Hinblick auf die Formveränderung eine wesentliche Rolle. Da die Kompositionsmassen auch bei niederen Temperaturen den Charakter einer viskosen Flüssigkeit besitzen, können sie in diesem Temperaturbereich durch geringe, aber lange dauernde Kräfte merklich umgeformt werden.

2. Die Vorbereitung der Kompositionsmassen zur Abdrucknahme

Die Kompositionsmassen werden im Wasserbad auf eine Unterlage aus Leinen, Cofferdam oder Zellophanpapier gelegt und dann auf die von der Herstellerfirma bezeichnete Temperatur erwärmt (45 bis 65 Grad Celsius). Ein Überschreiten der vorgeschriebenen Temperatur führt zum Ausfallen von Stearinsäure und Paraffin und damit zu wesentlichen qualitativen Veränderungen. Mehrmals wird die erweichte Masse zur Erreichung einer homogenen Plastizität mit nassen Fingern durchgeknetet und dann auf den Abdrucklöffel gebracht. Um eine feine, glatte und glänzende Oberfläche zu erhalten, kann die Abdruckmasse unmittelbar vor der Abdrucknahme noch durch die offene Flamme gezogen werden; dabei werden die oberflächlichsten Schichten noch etwas stärker erweicht, wodurch die Abdruckschärfe etwas erhöht werden kann, weil das oberflächliche, in verstärktem Maße erweichte Material durch die härteren, tieferen Schichten stärker in die feinen Einzelheiten des Abdruckobjektes hineingepreßt wird.

Ein dünner, oberflächlicher Vaseline- oder Ölfilm verhindert das Kleben der Abdruckmasse am Abdruckobjekt.

3. Die Bestimmung der Fließfähigkeit

nach den Vorschriften der Spezifikation Nr. 3 der American Dental Association (1939)

Der bei der vorgeschriebenen Temperatur im Wasserbad erweichte und durchgeknetete Abdruckstoff wird in die Bohrungen (10 mm Durchmesser) eines 6 mm hohen Messingzylinders eingefüllt. Um die Oberfläche der Probekörper planparallel zu gestalten, wird der Messingzylinder vorerst auf eine ebene Glasplatte gelegt. Die Bohrlöcher werden dann mit Abdruckmasse im Überschuß gefüllt und durch eine obenaufgelegte zweite Glasplatte solange unter Druck gehalten, bis die Abdruckmasse erhärtet ist. Durch weitere Oberflächenbearbeitung, die unter Verwendung eines feinen Sandpapiers erfolgt, werden die Enden der Probezylinder mit einer Toleranz von 0,01 mm planparallel gestaltet und dann aus der Messingform herausgestoßen (Abb. 8).

Die Prüfproben werden, bevor man sie der Untersuchung unterzieht, für eine Zeit von mindestens 24 Stunden bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Bei diesem Vorgehen

werden gleichmäßigere Resultate erzielt, als wenn man die Untersuchung mit frisch hergestellten Proben vornimmt.

Die anfängliche Höhe jeder Probe wird bei Zimmertemperatur (20 bis 25 Grad Celsius) mit einem Mikrometer gemessen. Dann werden die Probezylinder der *Druckprüfung* bei bestimmter Temperatur unterzogen. Hierzu dient eine bestimmte Druck-Apparatur



Abb. 8. Herstellung von Flow-Proben zur Bestimmung der Fließfähigkeit der Kompositionsmassen

(Abb. 9), welche einen Vertikaldruck von 2000 g in axialer Richtung während 10 Minuten auf die zylindrische Probe ausübt. Die Druck-Apparatur steht in einem Wasserbad, dessen Temperatur durch Erhitzung von unten reguliert werden kann. Der Testzylinder wird zuerst während 20 Minuten in das Wasserbad von vorgeschriebener Temperatur

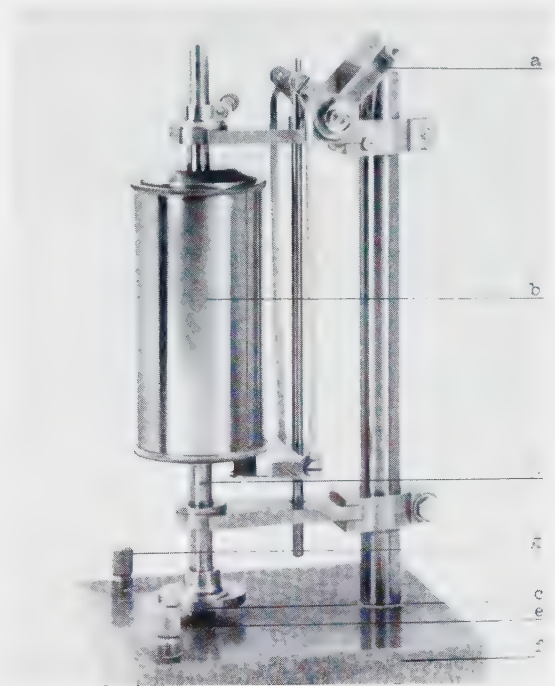


Abb. 9. Druckapparatur zur Bestimmung der Fließfähigkeit der Kompositionsmassen: Mit der Hebelvorrichtung (a) kann das Gewicht von 2000 g (Metallzylinder b, Metallstempel c, Führungsachse d) auf den Probezylinder (e) zu dessen Belastung hinunter gelassen werden. Eine ebene Metallplatte (f), die mit zwei Schrauben (g) horizontal eingestellt werden kann, dient als Unterlage für den Probezylinder.

gestellt und hernach während 10 Minuten der Belastung ausgesetzt. Nach aufgehobener Belastung wird der Probekörper sorgfältig aus dem Wasserbad genommen und bei Zimmertemperatur abgekühlt und erhärten gelassen.

Die Fließerscheinung = Flow ergibt sich aus der prozentualen Reduktion der ursprünglichen Länge. Als schließlicher Wert für den Flow bei einer gegebenen Temperatur ist der Mittelwert aus zwei Proben zu wählen, der auf 0,1 % abgerundet wiederzugeben ist.

4. Die Anforderungen der Spezifikation Nr. 3 (1939) an die Fließfähigkeit der Kompositionsmassen

Die Brauchbarkeit einer Kompositionsmasse für den zahnärztlichen Bedarf ist im wesentlichen abhängig von der Festigkeit, d. h. vom Widerstand gegenüber Verformungskräften bei Mundtemperatur (37 Grad C) und von der Fließfähigkeit im Temperaturbereich von 40 bis 60 Grad C, d. h. von der Fähigkeit in alle Details der Oberfläche des Abdruckobjektes hineinfließen zu können.

Aus diesen Überlegungen heraus und auf Grund praktischer Erfahrung stellt das Bureau of Standards folgende Anforderungen an die Gruppe der Abdruckmassen:

«Die Abdruckmassen müssen bei Mund-Temperatur genügend starr sein; sie sollen wenig über Mundtemperatur eine beginnende Erweichung aufweisen, und sie sollen schließlich bei einer Temperatur, die für die Mundschleimhaut noch ohne Beschwerden ertragbar ist, eine ausreichende Bearbeitungsplastizität gewinnen. Aus diesen allgemeinen Forderungen ergeben sich aus den Flow-Untersuchungen folgende Forderungen für die Gruppe der Abdruckmassen:

bei 37 Grad C maximaler Flow von 6 %
bei 40 Grad C minimaler Flow von 20 %
bei 45 Grad C minimaler Flow von 85 %.»

5. Die Spezifikationskurve als Idealkurve der Erweichung der thermoplastischen Abdruckstoffe

Die Erweichung der thermoplastischen Abdruckstoffe kann in einer Temperatur-Flow-Kurve graphisch dargestellt werden. Als Idealkurve gilt diejenige einer Abdruckmasse, die den Anforderungen der Spezifikation Nr. 3 entspricht (Abb. 13).

Der Verlauf der Kurve ist im wesentlichen abhängig von der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung einer Kompositionsmasse. In geringerem Maße wird sie auch beeinflusst von den sich während des Versuchsablaufes ändernden Bedingungen. Entsprechend der Versuchsanordnung wird der Probezylinder während 10 Minuten mit einem Gewicht von 2 kg gleichmäßig axial belastet. Mit der Zunahme der Plastizität bei steigender Temperatur erfolgt auch eine zunehmende Vergrößerung der belasteten Oberfläche. In Abb. 10 sind Flow-Proben eines Produktes in Temperatur-Intervallen von 1 Grad C zwischen 35 und 45 Grad C dargestellt.

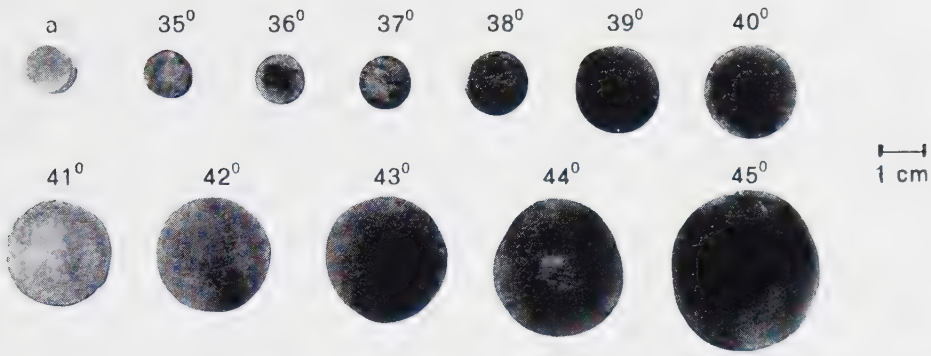


Abb. 10. Oberflächenzunahme von belasteten Flow-Proben in Temperaturintervallen von 1 Grad C zwischen 35 und 45 Grad C; a = unbelastete Probe, Vergrößerung 0,6-fach.

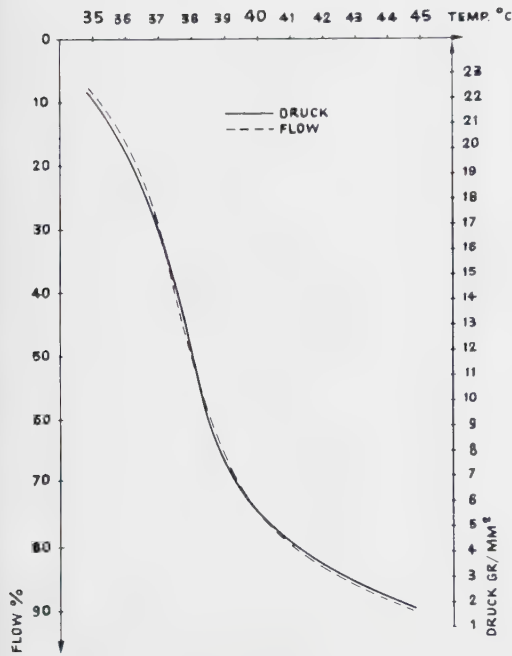


Abb. 11. Mit steigender Fließfähigkeit sinkt der auf den Probezylinder einwirkende Druck.

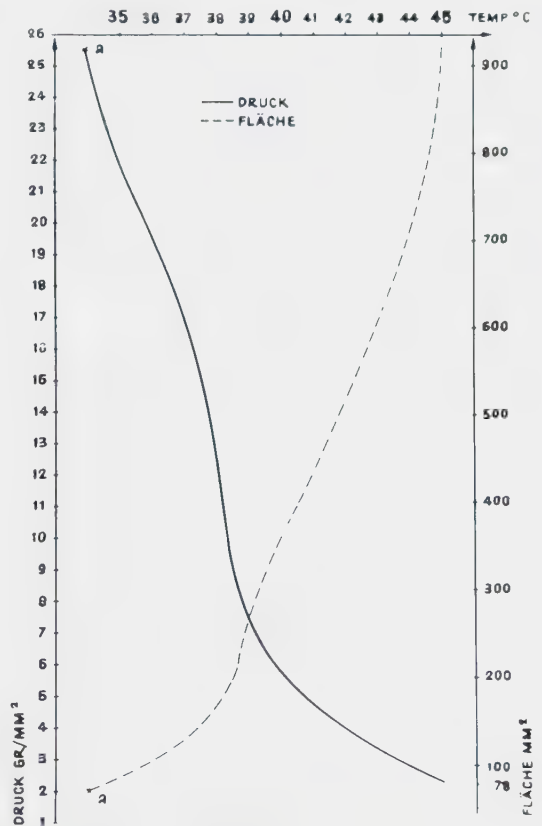


Abb. 12. Mit der Zunahme der belasteten Oberfläche sinkt der auf den Probezylinder einwirkende Druck; a = Beginn der Belastung.

Nach der Definition $\text{Druck} = \text{Kraft pro cm}^2 \text{ Fläche}$ verringert sich der auf die Masse einwirkende Druck proportional zur Flächenzunahme. Bei der Betrachtung der Flow-Kurve muß diese Druckabnahme im Bereiche der hohen Fließfähigkeit, die mit einer beträchtlichen Zunahme der belasteten Massenoberfläche verbunden ist, berücksichtigt werden (Abb. 11, 12).

Die Erweichungskurve einer Abdruckmasse zwischen 35 und 45 Grad C (Abb. 13), die den Anforderungen der Spezifikation Nr. 3 entspricht, kann in drei charakteristische Teilstücke eingeteilt werden:

1. Flach ansteigendes Anfangsstück zwischen 35 und 40 Grad C entsprechend einer langsamen Zunahme der Fließfähigkeit. In diesem Temperaturbereich verhält sich die Abdruckmasse wie eine viskose Flüssigkeit, die durch geringe, aber lange dauernde Kräfte merklich umgeformt werden kann. Je flacher der Verlauf der Flow-Kurve in diesem Teilstück, umso günstiger ist das Verhalten einer Abdruckmasse. Von Bedeutung ist, daß der Übergang zum steil verlaufenden Mittelstück, d. h. eine rasche Erweichungszunahme, erst einige Grade oberhalb Mundtemperatur erfolgt.
2. Das mittlere Kurvenstück veranschaulicht die Zunahme der Plastizität zwischen 40 und 43 Grad C. In diesem Temperaturbereich liegt der Schmelzpunkt der Stearinsäure in Anwesenheit der Harze. Die Steilheit der Flußkurve wird also im wesentlichen davon abhängig sein, wie rasch die kristallisierte Stearinsäure in den Erweichungszustand übergeht.
3. Das Endstück der Flußkurve ist wiederum durch einen flachen Verlauf entsprechend einer geringen Plastizitätszunahme gekennzeichnet. Der Hauptteil des Gehaltes an Stearinsäure befindet sich in diesem Temperaturbereich bereits in erweichtem Zustand. Wie im Anfangsstück ist auch im Endstück der Verlauf der Flußkurve im wesentlichen abhängig von der Erweichungszunahme der amorphen Harzbestandteile.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, daß die Kurve der zunehmenden Erweichung bei Erwärmung als Charakteristikum für die Zustandsänderung der in den Kompositionsmassen enthaltenen Bestandteile betrachtet werden kann. Die Erweichung der amorphen Stoffe (Harze; Anfangs- und Endstück) erfolgt langsam und gleichmäßig, die der kristallinen Stoffe (Stearinsäure, Paraffin) im Bereiche des Schmelzpunktes (Mittelstück) sprunghaft.

6. Die Fließfähigkeit von 7 verschiedenen Kompositionsmassen auf Grund eigener Untersuchungen

a. Die geprüften Abdruckstoffe

K e r r r o t

Die rote Kerrmasse wird von der Kerr Manufacturing Co., Detroit, Mich. USA, fabriziert. Die zur Herstellung verwendeten Harze sind Naturprodukte. Die optimale Verarbeitungstemperatur liegt bei 56 Grad C. Nach Angabe der Herstellerfirma beträgt die Schrumpfung bei der Abkühlung von 45 auf 20 Grad C 0,2%. Zum Verkauf gelangt die rote Kerrmasse in Stangen- oder Plattenform.

K e r r g r ü n

Kerr grün, ebenfalls ein Naturprodukt, wird wie die rote Kerrmasse von der Kerr Manufacturing Co., Detroit, hergestellt. Die von der Herstellerfirma vorgeschriebene, optimale Erweichungstemperatur liegt bei 51 Grad C. Die Masse soll den Vorteil haben, daß sie rasch erhärtet, wenn sie unter Mundtemperatur abgekühlt wird. Nach Schubert beträgt die Schrumpfung bei der Abkühlung von 55 auf 20 Grad C 1,30%. Die grüne Kerrmasse wird in Stangenform in Schachteln in den Handel gebracht.

X a n t y g e n

Unter dem Namen «Xantugen» werden von der Firma Bayer, Leverkusen, Deutschland, drei bzw. vier verschiedene Produkte fabriziert:

Xantugen braun in Platten,
Xantugen schwarz in Platten,
Xantugen dunkelgrün in Stangen,
Xantugen hellgrün in Stangen.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde das grüne Stangen-Xantugen berücksichtigt. Nach Angabe der Herstellerfirma sollen, abgesehen vom verwendeten Farbstoff, die qualitative und quantitative Zusammensetzung des hell- und dunkelgrünen Xantugens gleich sein. Die nötige Bearbeitungsplastizität dieser Stoffe wird im Wasserbad von 55 Grad C erreicht. Xantugen, ein synthetisches Produkt, gelangt in Schachteln zu 30 grünen Stangen in den Handel.

S t e n t s A b d r u c k m a s s e

Stents ist die älteste Kompositionsmasse. Sie wurde 1856 erstmals von Ch. Stent in London fabriziert; heute wird sie von der Amalgamated Co. in London und von der Firma Gebrüder De Trey in Zürich hergestellt. Die optimale Verarbeitungstemperatur dieses Naturproduktes liegt bei 60 Grad C. Die Stentsmasse ist in rotbraunen Platten in Schachteln verpackt erhältlich.

D e T r e y g r ü n

Als Kunstprodukt wird diese Masse von der Firma Gebrüder De Trey in Zürich in den Handel gebracht. Die nötige Erweichung wird im Wasserbad von 50 Grad C erreicht.

R u s c h e r « B e l l a s t i c »

«Bellastic» Abdruckmasse wird von der Firma Ruscher in Zürich hergestellt. Auffallend ist die große Brüchigkeit dieses Naturproduktes in erhärtetem Zustande. Die richtige Bearbeitungsplastizität wird durch Erwärmen auf 60 bis 65 Grad C erreicht. «Bellastic» gelangt in Form von dunkelbraunen, dünnen Platten in den Handel.

b. Resultate

Als Untersuchungsgrundlage bei den Bestimmungen der Fließfähigkeit dienten die bereits erwähnten Vorschriften der American Dental Association Specification No. 3 for Dental Impression Compound, First Revision 1939.

Die gleichmäßige Belastung der Abdruckmasse mit einer Kraft von 2 kg während 10 Minuten wurde mit der in Abb. 9 dargestellten Apparat erreicht.

An einem Stativ ist ein Stahlstempel derart befestigt, daß er mittels einer Hebelvorrichtung vorsichtig auf die Probemasse zu deren Belastung hinuntergelassen werden kann. Der Stahlzylinder dient zur Aufnahme von Bleikörnern zur Erreichung des Gewichtes von 2000 Gramm.

Zur Prüfung der Kompositionsmassen schreibt die Spezifikation Nr. 3 die Messung der Fließfähigkeit bei 37, 40 und 45 Grad C vor. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit interessierten uns weniger die absoluten Resultate als vielmehr der Verlauf der Erweichung der untersuchten Massen zwischen 35 und 45 Grad C, der in einer Flow-Kurve (Abb. 13) dargestellt werden kann. Aus diesem Grunde wurde die Messung in einem Temperatur-Intervall von 1 Grad C ausgeführt.

Trotz genauester Innehaltung der Versuchsvorschriften der Spezifikation Nr. 3 konnten gewisse Resultatschwankungen innerhalb der gleichen Versuchsbedingungen nicht vermieden werden. Als deren Ursache müssen qualitative Unterschiede in der Zusammensetzung der einzelnen Proben, ihre verschiedene Homogenität und die während des Versuchsablaufes nicht ausschließbaren Temperaturschwankungen von Bruchteilen eines Grades C, die sich insbesondere im Bereiche der raschen Flow-Zunahme auswirken, betrachtet werden.

Die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Flußzahlen sind Mittelwerte aus je 5 Messungen:

Flow in Prozent zwischen 35 und 45 Grad Celsius

Temperatur	35 ⁰	36 ⁰	37 ⁰	38 ⁰	39 ⁰	40 ⁰	41 ⁰	42 ⁰	43 ⁰	44 ⁰	45 ⁰
Spez. Nr. 3 ADA			max. 6%			min. 20%					min. 85%
Kerr rot	4,6	9,7	13,5	34,1	44,0	62,2	74,0	80,4	82,9	88,2	90,2
Xantgen dunkel	8,0	14,0	30,0	50,3	68,3	74,7	78,7	84,3	85,5	89,0	91,2
Kerr grün	8,1	19,2	39,0	55,0	71,8	80,2	83,8	85,3	89,0	90,8	92,2
De Trey grün	13,9	25,3	59,0	71,4	80,5	85,2	87,3	89,7	91,2	93,1	94,0
Stents	26,5	39,3	53,7	68,3	75,6	80,7	84,6	87,4	88,7	91,0	92,1
Xantgen hellgrün	26,5	52,6	60,8	73,8	76,6	79,1	81,7	84,6	86,2	87,5	89,3
Ruscher	68,6	73,8	77,2	79,0	81,5	83,8	85,8	87,6	89,1	90,2	91,2

Bei 37 Grad C werden die von der ADA bestimmten Grenzwerte der Fließfähigkeit von allen sieben untersuchten Produkten wesentlich überschritten. Ein Blick auf die Flußkurven (Abb. 13) läßt das ungünstige Verhalten dieser Massen bei 37 Grad C deutlich zu Tage treten.

Der Anstieg der Spezifikationskurve im ersten Teilstück erfolgt zunächst langsam, entsprechend einer geringen Erweichungszunahme in diesem Temperaturbereich. Die Flow-Kurven aller sieben untersuchten Abdruckmassen lassen dieses erste flach verlaufende Kurvenstück vermissen. Immerhin ist bei Kerr rot und in geringerem Maße auch bei Xantynen dunkel, Kerr grün und De Trey grün ein Übergang vom steilen zum flachen Teilstück noch andeutungsweise vorhanden; er liegt aber ungünstigerweise schon bei oder sogar unterhalb der Mundtemperatur.

Thermoplastische Abdruckstoffe.

Fließvermögen - Plastizität - Flow.

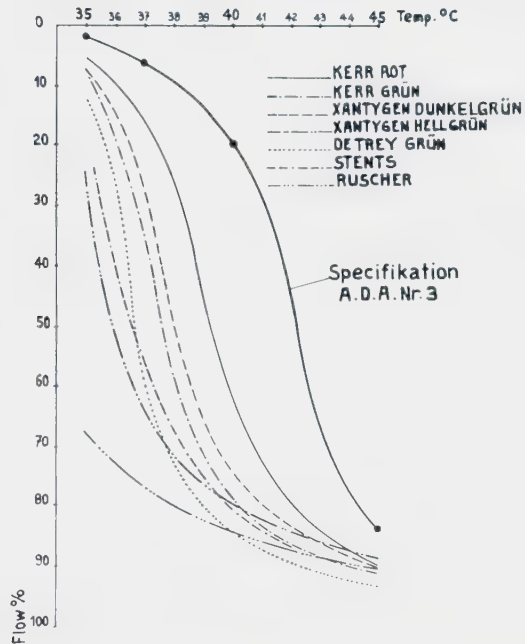


Abb. 13. Flow-Zunahme von verschiedenen Kompositionsmassen bei steigender Temperatur zwischen 35 und 45 Grad C.

Während die rote Kerrmasse, die in bezug auf die Fließfähigkeit unter allen untersuchten Abdruckstoffen das günstigste Verhalten zeigt, bei 35 Grad C mit einem Plastizitätsgrad von 4,6% die Grenze von 2% nur um 2,6% überschreitet, ist die Fließfähigkeit bei 37 Grad C mit 13,5% schon um 7,5% zu hoch. Xantynen dunkelgrün und Kerr grün zeigen ein ähnliches, jedoch noch ungünstigeres Verhalten. De Trey grün weist von allen untersuchten Produkten zwischen 35 und 37 Grad C mit 45,1% die größte Plastizitätszunahme auf. Seine Fließfähigkeit von 13,9% bei 35 Grad C kann noch als überdurchschnittlich bezeichnet werden; die Plastizitätszunahme im Bereiche der Mundtemperatur erfolgt aber derart rapid, daß die erlaubte Grenze von 6% bei 37 Grad C schon um 53% überschritten wird. Der Verlauf der Flußkurven von Stents und Xantynen hellgrün ist im ersten Teilstück praktisch identisch. Mit einer Fließfähigkeit von 26,5% bei 35 Grad C bzw. von 60% bei 37 Grad C befinden sich beide Massen schon

im Bereiche des Überganges zum hochplastischen Zustand. Noch ungünstiger verhält sich «Bellastic», das mit 68,6% Fließfähigkeit bei 35 Grad C bzw. von 72,2% bei 37 Grad C die absolut höchste Erweichung bei Mundtemperatur aufweist.

Bei 40 Grad C wird von der Spezifikation eine minimale Fließfähigkeit von 20% verlangt. Entsprechend dem zu hohen Plastizitätsgrad bei tieferen Temperaturen wird diese Forderung von allen Abdruckmassen voll erfüllt. Schon Kerr rot, das auch bei dieser Temperatur den geringsten Fluß aufweist, überschreitet mit einem Plastizitätsgrad von 62,2% diese minimale Grenze um mehr als 40%. Alle andern Produkte weisen in der Reihenfolge von Xantynen dunkel, Kerr grün, Xantynen hellgrün, Stents und Ruscher noch höhere Flußwerte auf.

Das mittlere Teilstück der Spezifikationskurve zwischen 39 und 43 Grad C zeichnet sich durch einen steilen Verlauf entsprechend einer rapiden Erweichungszunahme aus. Bei den untersuchten Produkten erfolgt diese rasche Plastizitätszunahme fast ausnahmslos schon bei oder nur wenig über Mundtemperatur, während die Erweichungszunahme bei Temperaturen, die dem Mittelstück der Spezifikationskurve entsprechen, von Xantynen dunkel über Kerr grün, Stents, De Trey grün, Xantynen hell und Ruscher immer geringere Grade erreicht.

Diesem Verhalten entsprechend erfolgt im Temperatur-Intervall zwischen 39 und 43 Grad C bei allen geprüften Abdruckmassen in der Flußkurve bereits der Übergang zum horizontalen Kurven-Endstück. Einzig die rote Kerrmasse vermag auch in diesem Temperaturbereich eine Erweichungskurve zu liefern, wie sie dem Verlauf der Spezifikationskurve noch annähernd gleicht.

Bei 45 Grad C überschreiten alle sieben untersuchten Abdruckmassen die Minimalgrenze der Fließfähigkeit von 85%. Den geringsten Plastizitätsgrad bei dieser Temperatur zeigt Xantynen hellgrün mit 89,3%; es folgen Kerr rot, Ruscher, Xantynen dunkel, Stents, Kerr grün und De Trey grün, das mit 94,0% bei 45 Grad C den höchsten Fluß aufweist. Auffallen muß die relativ geringe Fließfähigkeit von Xantynen hellgrün und Ruscher bei dieser Temperatur, die beide im Bereiche von 35 bis 37 Grad C übermäßig hohe Flußwerte erreichen. Die Abb. 13 läßt aber auch deutlich erkennen, daß der Verlauf der Erweichung dieser beiden Massen unter allen Produkten am wenigsten der Spezifikationskurve entspricht.

Schon in einem früheren Kapitel ist erwähnt worden, daß die während des Versuches ablaufes dauernd ändernden Druckverhältnisse insbesondere in höheren Temperaturbereichen (verbunden mit erhöhter Fließfähigkeit) sich auswirken. Mit steigender Fließfähigkeit vergrößert sich die belastete Massenoberfläche, und proportional zur Flächenvergrößerung vermindert sich entsprechend unserer Versuchsanordnung der auf den Probekörper einwirkende Druck. Aus diesem Grunde werden sich die Flußkurven zweier Produkte, die in Wirklichkeit ganz verschiedene Flußwerte aufweisen, im Kurvenendstück trotzdem nähern, weil beim besser fließenden Produkt die Druckabnahme entsprechend der rapideren Oberflächenzunahme rascher erfolgt, als bei der geringer fließenden Masse. Demzufolge sind die Flußunterschiede zweier Massen — insbesondere bei höheren Temperaturen — in Wirklichkeit größer, als es die Abb. 13 mit den Flußkurven entsprechend unserer Versuchsanordnung darzustellen vermag.

Oberhalb 43 Grad Celsius erfolgt die Vereinigung der Flußkurven aller untersuchten Produkte und ihre Annäherung an die Spezifikationskurve. Die Abdruckmassen befinden sich bei dieser Temperatur in einem Erweichungszustand, der sich auch bei steigender Erwärmung nur noch geringfügig verändert.

Zusammenfassend lassen sich die Resultate der Untersuchungen über die Fließfähigkeit im wesentlichen wie folgt darstellen:

Die Fließfähigkeit sämtlicher untersuchter Produkte ist im Bereich der Mundtemperatur entsprechend den Temperaturverhältnissen bei der Entnahme eines Abdruckes (ohne Wasserkühlung) zu hoch. Die in diesem Moment auf den Abdruck einwirkenden Kräfte führen zu unerwünschten Deformationen und damit in ausgeprägten Fällen zur Unbrauchbarkeit des Abdrucks.

Bei höheren Temperaturen (40 bis 45 Grad C) erfüllen alle untersuchten Abdruckmassen die Vorschriften der Spezifikation Nr. 3 der American Dental Association (1939).

Die allgemein etwas hohe Fließfähigkeit der thermoplastischen Abdruckstoffe kann auch mit dem Umstand zusammenhängen, daß bei der Herstellung der Proben die Materialien im Wasserbad erweicht und in der nassen Hand durchgeknetet wurden, wobei sie etwas Wasser aufnehmen konnten. Dies entspricht aber dem üblichen Vorgehen der Praxis. Bei Erweichung im Trockenschrank können eventuell niedrigere Werte erreicht werden.

In bezug auf das Verhalten der Plastizität muß die rote Kernmasse an die Spitze sämtlicher sieben geprüften Abdruckmassen gestellt werden. Ihr Vorteil liegt in der verhältnismäßig geringen Fließfähigkeit bei Mundtemperatur. Ebenfalls günstige Werte liefern Xantgen dunkelgrün und Kerr grün mit etwas erhöhten Flow-Zahlen gegenüber Kerr rot.

De Trey grün weist bei 35 Grad C noch eine überdurchschnittliche Flow-Zahl auf; seine Erweichung erfolgt aber schon im Bereiche der Mundtemperatur derart rapid, daß die Masse vor deren Entnahme vom Abdruckobjekt zur Erreichung eines genauen Abdruckes unbedingt mit kaltem Wasser aufs sorgfältigste durchgekühlt werden muß. Als Positivum kann der grünen De Trey-Masse die hohe Fließfähigkeit bei 45 Grad C angerechnet werden, umsomehr als die Bearbeitungsplastizität der Kompositionsmassen die Werte der andern gebräuchlichen Abdruckstoffe (Gips, Pasten, hydrokolloidale Stoffe) nicht erreicht.

Die Erweichung von Stents und Xantgen hellgrün zeigt bei Mundtemperatur wesentlich zu hohe Werte.

Sehr ungünstig verlaufen die Flußkurven von Xantgen hellgrün und Ruscher, die bei tieferen Temperaturen übermäßig hohe und bei höheren Temperaturen relativ niedrige Plastizitätsgrade aufweisen.

Schlußendlich stellt sich die Frage, wie den ungünstigen Folgen der zu hohen Fließfähigkeit der untersuchten Kompositionsmassen wirksam entgegengetreten werden kann:

Die Abb. 13 zeigt, daß eine Senkung der Temperatur von 1 bis 2 Grad C unter die Mundtemperatur mit einer wesentlichen Verminderung der Plastizität einer Kompositions-

masse verbunden ist. Bei der Abdrucknahme sollte deshalb die Abdruckmasse vor deren Entnahme aus dem Munde grundsätzlich in jedem Fall mit kaltem Wasser gründlich durchgekühlt werden, um eine größere Festigkeit zu erzielen.

Bei Temperaturen unter 40 Grad Celsius verhält sich die Kompositionsmasse wie eine viskose Flüssigkeit, die durch geringe, aber lange währende Kräfte umgeformt werden kann. Für das Ausmaß der Deformation spielt die Zeit eine wichtigere Rolle als der angewendete Druck. Ein Abdruck mit Kompositionsmasse soll deshalb möglichst rasch vom Abdruckobjekt entfernt werden und zwar genau in der entgegengesetzten Richtung, in welcher das spätere Objekt eingeschoben werden soll. Dabei ist noch besonders darauf zu achten, daß bei der Entfernung des Abdruckes vom Objekt kein Kompressionsdruck auf den erhärteten Abdruckstoff ausgeübt wird (z. B. mit den Fingern).

Die sorgfältige und sichere Entfernung des erhärteten Kleinabdruckes ohne Kompression und in der gewünschten Richtung gelingt nach unseren praktischen Erfahrungen am besten mit einer *Spezial-Zange* nach Furrer, welche lediglich in den Kupfferring eingreift, aber damit den Abdruck gut faßt.

B. Die Abdruckschärfe der thermoplastischen Abdruckstoffe

1. Der Begriff der Abdruckschärfe

und ihre Abhängigkeit vom physikalischen Verhalten der Kompositionsmassen

Unter der Abdruckschärfe versteht man die Fähigkeit einer Abdruckmasse, alle Feinheiten eines Abdruckobjektes naturgetreu wiederzugeben. *Scheff* fordert von einer Abdruckmasse in bezug auf die Abdruckschärfe folgendes: «Sie muß ein bis in alle Details genaues Negativ einer Kieferoberfläche ergeben . . .».

Nach *Falck* ist die Abdruckschärfe der Kompositionsmassen abhängig von:

1. der Prägeschärfe,
2. der Volumenveränderung zwischen plastischem und erhärtetem Zustand,
3. dem Verziehungsgrad beim Herausnehmen aus dem Mund.

Im vorhergehenden Abschnitt über die Plastizität der Kompositionsmassen ist erwähnt worden, daß der Verziehungsgrad eines erhärteten Abdruckes in Beziehung steht zur Fließfähigkeit des Materiales beim Herausnehmen aus dem Mund.

Die Volumenveränderung zwischen plastischem und erhärtetem Zustand, das heißt die thermische Kontraktion der Kompositionsmassen bei der Abkühlung von 55 auf 20 Grad Celsius beträgt nach Schubert für die besten Massen 1,2 %.

Nach W. T. *Sweeney* und John R. *Beall* genügen die Abdruckmassen, die die Anforderungen der Flow-Teste erfüllen, auch den Anforderungen hinsichtlich der Schrumpfung. Bei Kenntnis der Fließfähigkeit erübrigen sich demnach zusätzliche Messungen der Kontraktionserscheinungen.

Aus der Überlegung heraus, daß aus den bestimmten Flow-Werten auf den Verziehungsgrad einer Abdruckmasse beim Herausnehmen aus dem Mund einerseits und auf die Volumenänderung bei der Abkühlung anderseits geschlossen werden kann, geht hervor, daß sich unser Augenmerk bei der Prüfung der Abdruckschärfe hauptsächlich auf die Prägeschärfe zu richten hat. Daraus ergibt sich auch die für die Messung der Abdruckschärfe von der American Dental Association vorgeschlagene Versuchsanordnung.

Der Begriff der Prägeschärfe, wie ihn Falck in seiner Definition über die Abdruckschärfe verwendet, könnte auch als «Abdruckschärfe im engeren Sinne» (unter Außerachtlassung der Verziehung und der Volumenänderung) bezeichnet werden. Gleicher Ansicht ist wohl auch *Siegrist*, wenn er die Abdruckschärfe wie folgt einteilt:

1. Tiefenschärfe,
2. Feinheitenwiedergabe,
3. Oberflächenglätte.

Die *Tiefenschärfe* ist abhängig von der Fließfähigkeit einer Abdruckmasse. Bei hohem Fließvermögen wird eine Abdruckmasse tiefer in vorhandene Rillen eindringen, als bei geringer Erweichung. Da die Plastizität entsprechend der Temperaturverminderung abnimmt, ist die Tiefenschärfe indirekt auch zum Teil abhängig von der Abkühlungsgeschwindigkeit des Abdruckmaterials. Zusammen mit der Fließfähigkeit spielt der bei der Abdrucknahme ausgeübte *Druck* eine wichtige Rolle für das tiefe Eindringen in die Einzelheiten der Objektoberfläche.

Die *Feinheitenwiedergabe* und *Oberflächenglätte* einer Kompositionsmasse nehmen mit steigender Temperatur zu, weil die Weichmachungsstoffe (Stearinsäure, Paraffin, Wachse usw.) bei der Erwärmung die groben Bestandteile umfließen. Hierin ist auch die Tatsache begründet, daß die Feinheitenwiedergabe und Oberflächenglätte einer Kompositionsmasse durch sekundäres Erweichen der oberflächlichen Schichten mit der offenen Flamme erhöht werden kann.

Außerdem ist es klar, daß der Grad der Zermahlung der groben Bestandteile in Temperaturbereichen, in denen die Weichmachungsstoffe flüssig sind, in bezug auf die



Abb. 14. Abhängigkeit der Feinheitenwiedergabe und der Oberflächenglätte von der Zertrümmerung der groben Bestandteile bei verschiedenen Temperaturen (nach *Siegrist*).

Feinheitenwiedergabe und die Oberflächenglätte nur eine geringfügige Rolle spielt, weil die Weichmachungsstoffe die groben Bestandteile umfließen. Andererseits ist jedoch die Feinheitenwiedergabe und die Oberflächenglätte bei tieferen Temperaturen, bei denen sich die Weichmachungsstoffe in erhärtetem Zustande befinden, weitgehend vom Vermahlungsgrad der groben Bestandteile abhängig (Abb. 14).

Neben der Plastizität und dem Zertrümmerungsgrad der festen Phase ist auch die Homogenität einer Abdruckmasse für die Abdruckschärfe von eminenter Bedeutung. In einer ungenügend erweichten und bearbeiteten Abdruckmasse sind immer grobe Einschlüsse vorhanden. Man halte sich deshalb bei der Verwendung einer Kompositionsmasse in jedem Fall an die Verarbeitungsvorschriften der Herstellerfirma.

2. Die Prüfung der Abdruckschärfe

nach den Bestimmungen der American Dental Association Specification No. 3

Vom Bureau of Standards in Washington wurde eine weitere Prüfungsmethode entwickelt, die eine Beurteilung der Abdruckschärfe gestattet. Dies wird durch Herstellen eines Abdruckes von einem besonderen Testblock unter bestimmten Bedingungen erreicht.

Das Relief des Prüfblockes (Abb. 15) wurde so gestaltet, daß es neben groben Vertiefungen (B) auch sehr feine, wenig tiefe Rillen (C) aufweist.

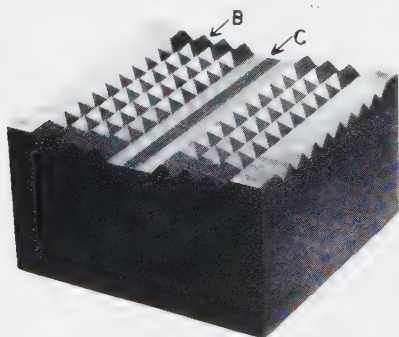


Abb. 15. Testblock zur Prüfung der Abdruckschärfe nach der American Dental Association Specification No. 3.

Der Testblock aus Messing hat eine quadratische Grundfläche von 46 mm Länge und Breite und eine Höhe von 25 mm. Alle Vertiefungen des Testblockes sollen rechte Winkel einschließen.

Zur Herstellung der Abdruckproben wird ein Stück Abdruckmasse in warmem Wasser erwärmt und daraus eine Scheibe von 40 mm im Durchmesser und von 4 bis 7 mm Dicke herausgeschnitten.

Ein Wasserbad wird auf 45 Grad C eingestellt. Eine ebene Platte dient als Unterlage der Abdruckmasse, während sie die Temperatur des Wasserbades annimmt. Diese Platte, sowie ein Gewicht von 1000 Gramm mit einem Durchmesser von zirka 50 mm werden in das Wasserbad gebracht und dort belassen, bis sie die Temperatur des Wasserbades angenommen haben.

Der Wasserspiegel des Bades soll 30 mm über der Oberfläche des Prüfblockes liegen (Abb. 16). Die vorgeformte Scheibe aus Abdruckmasse wird dann auf die vorgewärmte Platte gelegt.

Nach 20 Minuten wird diese Abdruckmasse zentrisch auf den Prüfblock gelegt und darüber ein Zellophanblatt ausgebreitet. Jetzt wird das vorgewärmte Gewicht von 1000 Gramm auf die Abdruckmasse aufgelegt (Abb. 17) und nach 10 Minuten wieder entfernt; Prüfblock mit Abdruckprobe werden ebenfalls aus dem Wasser genommen. Nach der Abkühlung wird die Abdruckprobe sorgfältig vom Prüfblock entfernt.

Der Probeabdruck muß folgenden Anforderungen genügen:

1. die Kanten, die den großen Vertiefungen entsprechen, müssen scharf ausgeprägt sein,
2. die Kanten, die den feinen Vertiefungen des Prüfblockes entsprechen, müssen vollständig und für das unbewaffnete Auge auf eine Länge von mindestens 30 mm sichtbar sein.

Abb. 16. Prüfung der Abdruckschärfe: Nachdem der Testblock, das Gewicht und die Unterlageplatte die Temperatur des Wasserbades angenommen haben, wird die Scheibe aus Abdruckmasse während 20 Minuten im Wasserbad von 45 Grad C vorgewärmt.

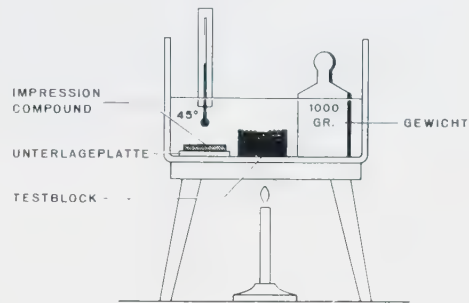
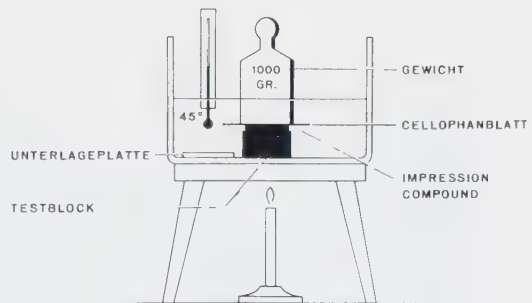


Abb. 17. Prüfung der Abdruckschärfe: Die Abdruckprobe wird während 10 Minuten mit einem Gewicht von 1000 g im Wasserbad von 45 Grad C belastet.



3. Die Abdruckschärfe der Kompositionsmassen auf Grund eigener Untersuchungen

A. Versuchsanordnung

Die Untersuchung der Abdruckschärfe wurde vorerst mit dem von der Spezifikation Nr. 3 vorgeschriebenen Testblock (I) und gemäß den beschriebenen Bedingungen durchgeführt.

Es zeigte sich aber dabei, daß der Testblock nur eine grobe Differenzierung der Abdruckschärfe zuläßt (grobe Rillen B = 4,0 mm, feine Rillen C = 0,2 mm). Es war deshalb wünschbar, unter denselben Bedingungen noch weitere Untersuchungen anzuschließen mit einem anderen Testblock (II), welcher durch eine feinere Abstufung der Rillen (0,1 bis 0,5 mm) eine bessere Differenzierung der feineren Abdruckschärfe gestattet (Abb. 19).

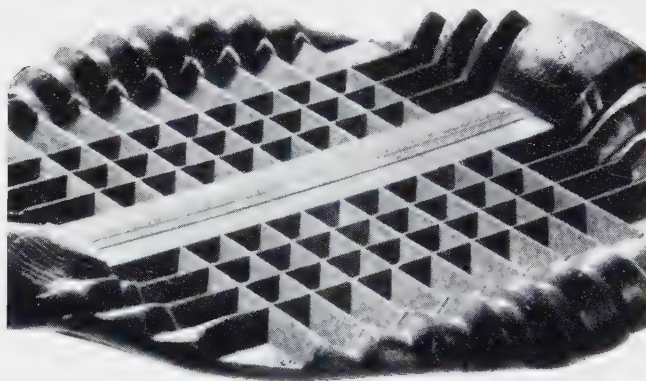


Abb. 18. Abdruck von Testblock I gemäß Spezifikation Nr. 3.

Die Abb. 18 zeigt einen Abdruck von Testblock I; in Abb. 20 ist ein Abdruck von Testblock II dargestellt. Aus diesen Abbildungen ist ersichtlich, daß mit dem Testblock II hinsichtlich der Tiefenschärfe feinere Graduierungen vorgenommen werden können.



Abb. 19. Querschnitt durch Testblock II zur Prüfung der Abdruckschärfe, Rillenabstufung 0,1 bis 0,5 Millimeter.

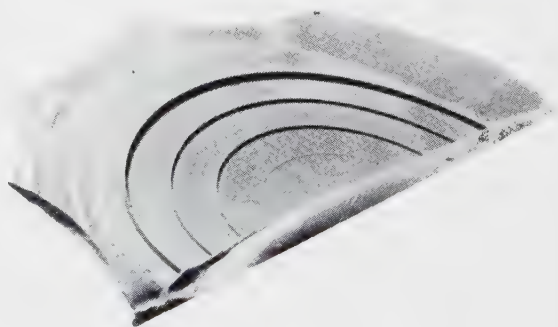


Abb. 20. Abdruck von Testblock II.

B. Untersuchungsergebnisse

Die Auswertung der Abdruckproben erfolgte unter dem Mikroskop bei 25-facher Vergrößerung. Dabei zeigte sich bei allen Abdruckstoffen, daß die Spitzen der feinen Rillen je nach dem Material besser oder schlechter, jedoch niemals vollständig ausgefüllt waren.

Kerr rot

Die Kanten, die den groben Vertiefungen des Testblockes I entsprechen, sind in der Mitte der Abdruckprobe gut, gegen die Ränder hin etwas schlechter ausgeflossen. Die Kanten, die den feinen Vertiefungen des Testblockes I entsprechen, sind gut, jedoch nicht bis in die feinsten Einzelheiten ausgeprägt. Mit dem unbewaffneten Auge betrachtet sind die feinen Rillen vollständig und auf eine Länge von mindestens 30 mm deutlich sichtbar.

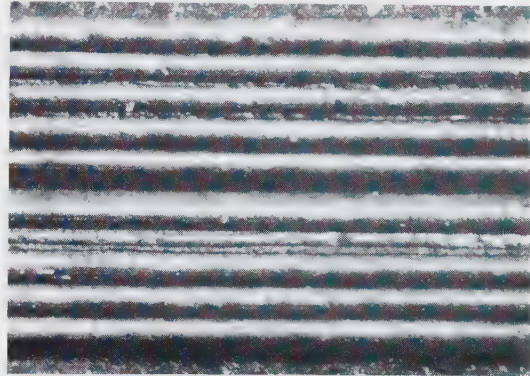


Abb. 21.

Kerr rot: Vergrößerung 17-fach,
feine Rillen (C) von Testblock I.

Beim Testblock II sind die feinsten Rillen gut ausgeflossen, etwas weniger scharf waren gelegentlich die beiden tieferen Rillen, besonders gegen den Rand hin, ausgeprägt. Die Oberfläche der Abdruckproben ist glatt, jedoch mit äußerst feinen Unregelmäßigkeiten durchsetzt.

Die Tiefenschärfe von Kerr rot ist gegenüber Kerr grün, Xantynen dunkelgrün und De Trey grün vermindert, was bei der Betrachtung der Flow-Werte der verschiedenen Massen als verständlich erscheint.

Feinheitenwiedergabe: sehr gut

Tiefenschärfe: gut

Oberflächenglätte: gut

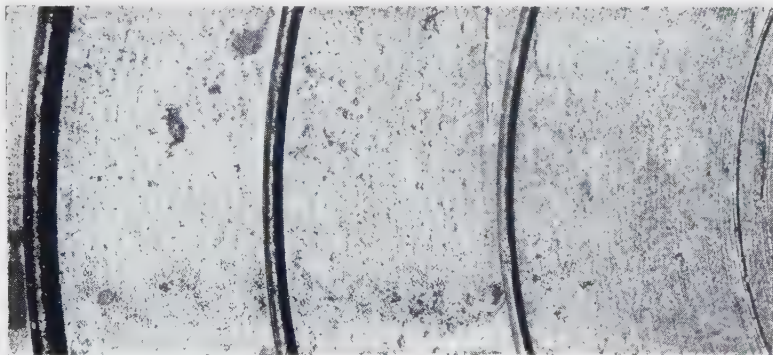


Abb. 22. Kerr rot: Vergrößerung 7,5-fach, Abdruck von Testblock II.

Kerr grün

Die groben und feinen Vertiefungen von Testblock I und II sind sehr gut ausgeprägt, allerdings mit der bei Kerr rot erwähnten Einschränkung, daß das Material nicht bis in die Spitze der einzelnen Rillen hineingeflossen ist. Die Abdruckoberfläche ist glatt, mit feinsten Unregelmäßigkeiten und vereinzelten kleinen Luftbläschen, besonders an den Kanten, die den feinen Rillen entsprechen.

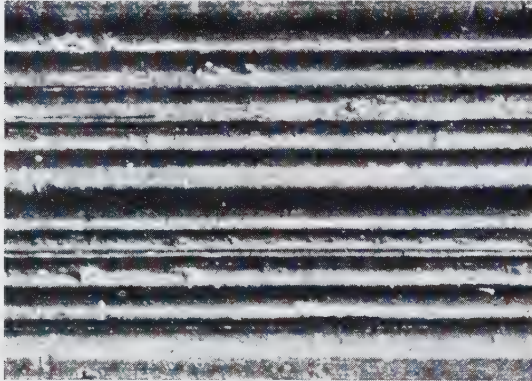


Abb. 23.

Kerr grün: Vergrößerung 17-fach,
feine Rillen von Testblock I.

Die Anforderungen der American Dental Association Specification No. 3 hinsichtlich der Abdruckschärfe werden von der grünen Kerrmasse erfüllt.

Feinheitenwiedergabe: sehr gut
Tiefenschärfe: sehr gut
Oberflächenglätte: sehr gut

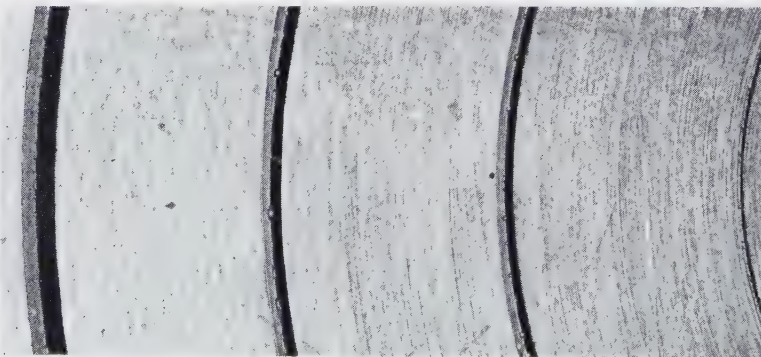


Abb. 24. Kerr grün: Vergrößerung 7,5-fach, Abdruck von Testblock II.

Xantymen dunkelgrün

Hinsichtlich der Abdruckschärfe weist Xantymen dunkelgrün gegenüber der grünen Kernmasse praktisch keine Unterschiede auf. Die Abdruckoberfläche ist sehr glatt, enthält jedoch etwas gröbere Unregelmäßigkeiten als bei Kerr grün, dafür sind weniger kleine Luftbläschen festzustellen.

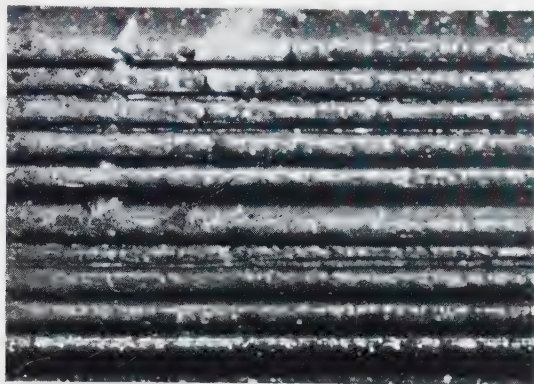


Abb. 25. Xantymen dunkelgrün:
Vergrößerung 17-fach, feine Rillen von Testblock I.

Xantymen dunkelgrün erfüllt die Anforderungen der Spezifikation Nr. 3 in bezug auf die Abdruckschärfe.

Feinheitenwiedergabe: sehr gut
Tiefenschärfe: sehr gut
Oberflächenglätte: gut

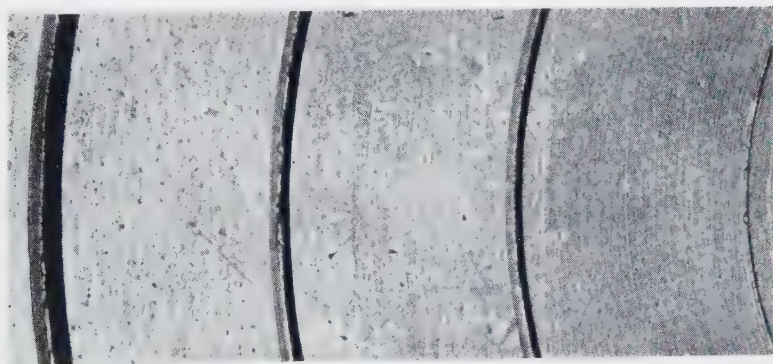


Abb. 26. Xantymen dunkelgrün: Vergrößerung 7,5-fach, Abdruck von Testblock II.

De Trey grün

Die Herstellung von Abdruckproben mit der grünen De Trey Masse war zunächst mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Infolge des hohen Erweichungsgrades floß die Masse bei der Belastung derart stark, daß das Material nach Ablauf des Versuches nur noch in dünner Schicht über dem Testblock vorhanden war. Zudem haftete die Masse ungewöhnlich stark am Abdruckobjekt, so daß keine vollständigen Abdrücke zu erhalten waren. Erst die Verwendung eines speziellen Öles, das in hauchdünner Schicht auf den Testblock aufgetragen werden konnte, erlaubte die bruchfreie Wegnahme des Probeabdruckes.

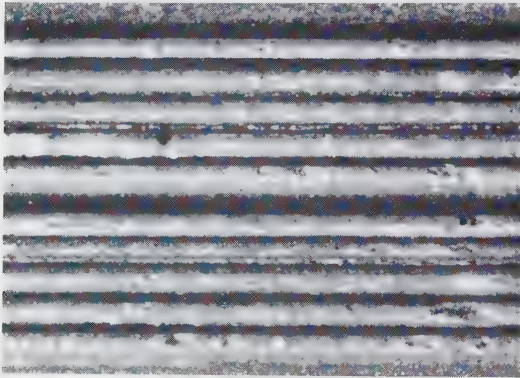


Abb. 27. De Trey grün: Vergrößerung 17-fach, feine Rillen von Testblock I.

Hinsichtlich der Abdruckschärfe zeigt De Trey grün annähernd die gleichen Resultate wie Kerr grün. Die Oberfläche ist fein, jedoch sind kleine Luftbläschen in den Rillen, die den feinen Vertiefungen von Testblock I und II entsprechen, relativ häufig feststellbar. De Trey grün erfüllt die Anforderungen der Spezifikation Nr. 3.

Feinheitenwiedergabe: sehr gut
Tiefenschärfe: sehr gut
Oberflächenglätte: gut

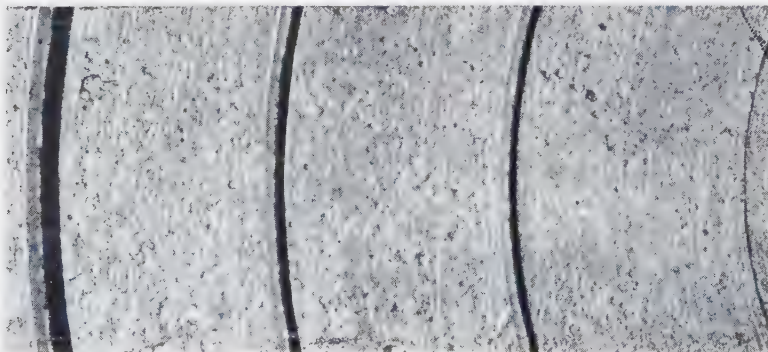


Abb. 28. De Trey grün: Vergrößerung 7,5-fach, Abdruck von Testblock II.

Stents

Die Kanten, die den groben Vertiefungen des Testblockes I entsprechen, sind gut ausgeflossen; weniger scharf abgebildet sind die feinen Rillen, die zum Teil auch mit Luftbläschen behaftet sind. Während die tieferen Rillen von Testblock II gegen den Rand hin eher gleichmäßiger als bei Kerr rot ausgeflossen sind, sind die feinen Vertiefungen weniger scharf ausgeprägt.

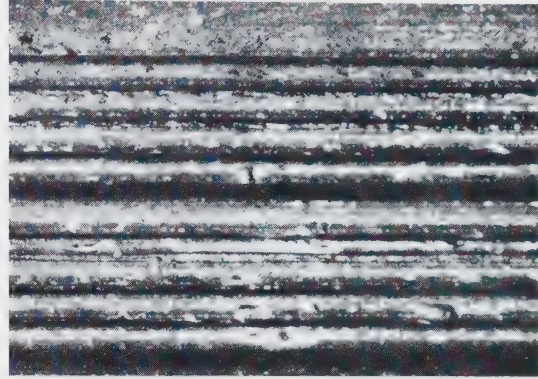


Abb. 29. Stents: Vergrößerung 17-fach, feine Rillen von Testblock I.

Die Abdruckmasse genügt den Anforderungen der Spezifikation Nr. 3.

Feinheitenwiedergabe: gut bis mittelmäßig
Tiefenschärfe: gut
Oberflächenglätte: gut

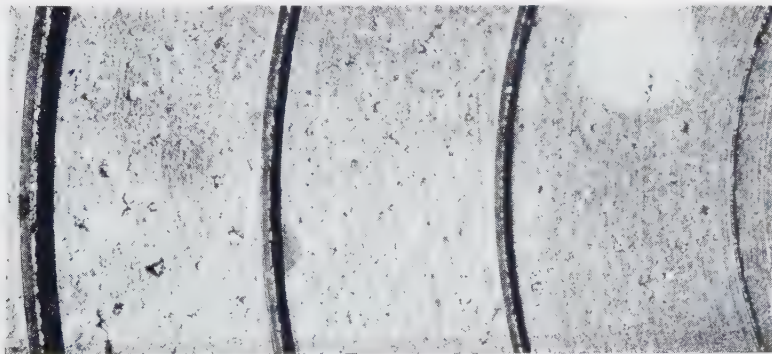


Abb. 30. Stents: Vergrößerung 7,5-fach, Abdruck von Testblock II.

Xant ygen hellgrün

Gegenüber Xant ygen dunkelgrün sind die feinen Rillen von Testblock I schlechter ausgeflossen. Die Kanten, die den groben Vertiefungen des Testblockes I entsprechen, sind gegen den Rand der Abdruckprobe infolge der niedrigen Fließfähigkeit bei 45° C oft ungenügend ausgeprägt. Die feinen und groben Rillen von Testblock II sind weniger scharf wiedergegeben als bei den vorhergehenden Massen. Die Oberfläche der Abdruckproben ist glatt, zeigt jedoch eine größere Zahl von Unregelmäßigkeiten als Xant ygen dunkelgrün; Luftbläschen sind praktisch keine vorhanden.

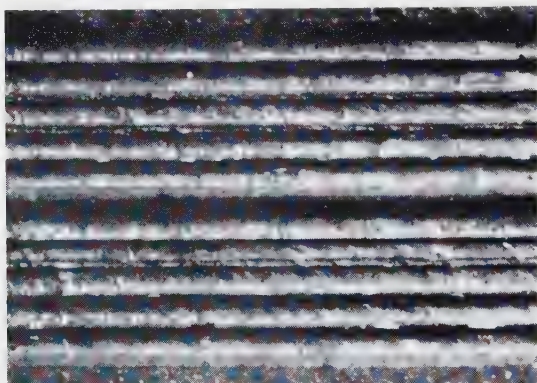


Abb. 31. Xant ygen hellgrün: Vergrößerung 17-fach, feine Rillen von Testblock I.

Das Produkt erfüllt die Anforderungen der Spezifikation Nr. 3.

Feinheitenwiedergabe: gut bis mittelmäßig
Tiefenschärfe: gut bis mittelmäßig
Oberflächenglätte: gut

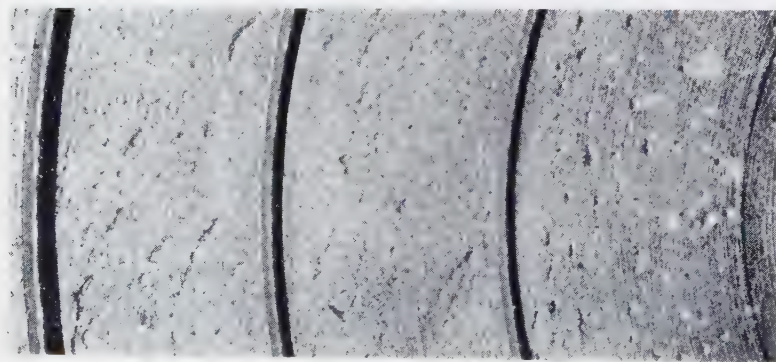


Abb. 32. Xant ygen hellgrün: Vergrößerung 7,5-fach, Abdruck von Testblock II.

Die Prüfung der Abdruckschärfe von Ruscher «Bellastic» nach den Bestimmungen der Spezifikation Nr. 3 konnte nicht durchgeführt werden, da es nicht möglich war, auch nur größere Bruchteile der Abdruckproben ohne Zerstörung des Oberflächenreliefs vom Testblock zu entnehmen. Einerseits war das Material ungewöhnlich brüchig, andererseits klebte die Masse derart am Testblock, wie es bei keiner andern Masse festgestellt werden konnte. Auch Versuche, bei denen eine feine Ölschicht auf die Oberfläche des Testblocks aufgetragen wurde, blieben erfolglos. Da «Bellastic» hinsichtlich der Fließfähigkeit den Anforderungen der Spezifikation Nr. 3 bei weitem nicht entspricht, wurde auf weitere Versuche, einen genügenden Abdruck des Testblockes zu erhalten, verzichtet; die Abdruckschärfe von «Bellastic» bleibt deshalb unbestimmt.

Hinsichtlich der Abdruckschärfe liefern *Kerr grün*, *Xantynen dunkelgrün* und *De Trey grün* eindeutig die besten Werte. Was die Feinheitenwiedergabe und die Oberflächen-glätte anbetrifft, zeigt *Kerr rot* praktisch annähernde Resultate, während die Tiefen-schärfe dieser Masse infolge des geringeren Erweichungsgrades bei 45 Grad C vermindert ist. Die Feinheitenwiedergabe von *Xantynen hellgrün* erreicht die Werte der erstgenannten Produkte nicht, was eventuell auf die gröbere Struktur des Materials zurückzuführen ist; auch die Tiefenschärfe ist gegenüber *Kerr grün*, *Xantynen dunkelgrün* und *De Trey grün* vermindert.

Die Frage, inwieweit die gröbere Struktur der *Stentsmasse* für die herabgesetzte Feinheitenwiedergabe dieses Produktes verantwortlich zu machen ist, bleibt unabgeklärt.

Abgesehen von *Ruscher «Bellastic»*, dessen Abdruckschärfe nicht geprüft werden konnte, erfüllen alle untersuchten Produkte die Anforderungen der American Dental Association Specification No. 3.

III. ZUSAMMENFASSUNG

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, die nachfolgenden sieben Kompositionsmassen hinsichtlich der Mikrostruktur, der Fließfähigkeit und der Abdruckschärfe auf ihre Eignung zur Abdrucknahme im Munde zu prüfen.

Kerr rot	{	Kerr Manufacturing Co., Detroit, Mich., USA
Kerr grün		
Xantugen dunkelgrün	{	Bayer, Leverkusen, Deutschland
Xantugen hellgrün		
Stents		Amalgamated Co., London; Gebr. De Trey, Zürich
De Trey grün		Gebr. De Trey, Zürich
Ruscher «Bellastic»		Ruscher, Zürich

Als Untersuchungsgrundlagen dienten die Bestimmungen der American Dental Association Specification No. 3 (1939).

Um einen Einblick in die *Feinstruktur* der verschiedenen Massen zu erhalten, wurden die Materialien zunächst auf ihren Gehalt an groben Bestandteilen mikroskopisch untersucht. Neben verschiedenen strukturellen Unterschieden von Produkt zu Produkt zeigte sich, daß die synthetischen Abdruckstoffe eine stärkere Zermahlung der groben Bestandteile aufweisen, als die Naturprodukte.

Hinsichtlich der *Fließfähigkeit* überschreiten alle geprüften Kompositionsmassen bei 37 Grad C die von der Spezifikation Nr. 3 erlaubte Maximalgrenze, während sämtliche Produkte bei höheren Temperaturen (40 und 45 Grad C) die an sie gestellten Anforderungen erfüllen.

Die besten Flow-Werte zeigt Kerr rot, es folgen Xantugen dunkelgrün, Kerr grün, De Trey grün, Stents, Xantugen hellgrün und Ruscher «Bellastic», das bei Mundtemperatur unerlaubt hohe Flow-Zahlen aufweist.

In bezug auf die *Abdruckschärfe* liefern Kerr grün, Xantugen dunkelgrün und De Trey grün sehr gute Werte, es folgen Kerr rot mit verminderter Tiefenschärfe, Xantugen hellgrün und Stents. Die Feinheitenwiedergabe dieser beiden letzten Produkte erreicht geringere Grade als bei den erstgenannten Massen. Die Abdruckschärfe von Ruscher «Bellastic» konnte nicht bestimmt werden; die ungewöhnliche Brüchigkeit und Klebrigkeit dieses Abdruckstoffes verunmöglichte die Entfernung des Probeabdruckes vom Testblock ohne Zerstörung des Oberflächenreliefs.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen eignen sich Kerr grün, Xantynen dunkelgrün, De Trey grün und Kerr rot für sehr genaue Abdrücke, wobei De Trey grün wegen des relativ hohen Flows bei Mundtemperatur durch kaltes Wasser gut erhärtet werden muß. Xantynen hellgrün und Stents erscheinen infolge ihres Verhaltens in der Fließfähigkeit und der Abdruckschärfe zur Abdrucknahme von Inlaykavitäten und Kronenstümpfen weniger geeignet; sie sollten vorwiegend zur Herstellung von Gegenkiefermodellen, Übersichts- und Planungsmodellen Verwendung finden, ebenso Ruscher «Bellastic».

Hinsichtlich der Fließfähigkeit und der Abdruckschärfe erreichen die Kompositionsmassen die Werte von Gips und den hydrokolloidalen Abdruckstoffen nicht. Ihr Vorteil liegt in der für Patient und Zahnarzt angenehmen, raschen Verwendungsart und in der Möglichkeit einer mehrmaligen Verwendung nach erfolgter Sterilisation.

IV. LITERATURVERZEICHNIS

- Bakker, B. R. und Bakker-Land, U.:* Eine Untersuchung über die Eigenschaften und die Beschaffenheit der «Stents»-Masse. Schw. M. f. Z. 43, 913 (1933).
- Balters, W.:* Zur Problematik des Abdrucks. Zahnärztl. Rdsch. 51, H. 11 1311 (1942).
- Coles, O.:* Kompositionsmassen. Korrespondenzblatt für Zahnärzte 6, 119 (1877).
- Crawford, Chas. W.:* Taking impressions with modeling compound. Dent. Digest 4, 674 (1898).
- Dolder, E.:* Die Beurteilung zahnärztlicher Produkte in den USA. S. M. f. Z. 61, 1214 (1951).
- Dolder, E.:* Hydrokolloidale Abdruckmaterialien. Schw. M. f. Z. 9, 785 (1940).
- Falck, K.:* Einführung in die Werkstoffkunde für Zahnärzte. 2. Auflage, München 1948.
- Frahm, F. W.:* The Principles and Technics of Full Denture Construction. Dent. Items of Interest, 55, 951 (1933).
- Gibson, M. W.:* Impression materials and impression taking. Dent. Record 69, H. 1, 1 (1949).
- Greve, Ch.:* Geschichte der Zahnheilkunde. Deutsche Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 4, H. 12, 801 (1937).
- Ilg, V. K.:* Werkstoff und Verarbeitungsnormen der Abdruckmassen. Dtsch. zahnärztl. Z. 4, H. 11, 746 (1949).
- Oehrlein:* Über plastische Abdruckmassen. Zahnärztl. Rdsch. 32, 221 (1923).
- Parreidt, Jul.:* Handbuch der Zahnersatzkunde. 3. Auflage, 1903.

- Poller, A.:* Das Pollersche Verfahren zum Abformen an Lebenden und Toten sowie an Gegenständen.
Hrsg. v. E. B. Poller u. E. Fetscher.
Urban u. Schwarzenberg, Berlin u. Wien 1931.
- Scheff jun., Jul.:* Handbuch der Zahnheilkunde. Band III, 1893.
- Schoenbeck, F.:* Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Materialkunde.
Verlag Meusser 1931.
- Schrag, C.:* Experimentelle und praktische Untersuchungen der plastischen Abdruckmaterialien Kerr, Stents, Nadrag, Elastovex. Diss. Zürich 1934.
- Schubert, L.:* Über Materialien.
Deutsche zahnärztliche Wochenschrift, 36, 55, 79, (1933).
- Seiler-Hardmeier:* Lehrbuch der Physik. Erster Teil, 4. Auflage, Zürich 1948.
- Siegrist, H.:* Ein Beitrag zur physikalischen Untersuchung warmplastischer Abdruckmassen und ihre praktische Anwendung.
Med. Diss. München 1940.
- Skinner, E. W.:* The science of dental materials.
Saunders, Philadelphia (1949).
- Sudhoff, K.:* Geschichte der Zahnheilkunde. Leipzig, 1921.
- Süß, K.:* Prüfung von Abdruckmassen.
Zahnärztl. Rdsch. 46, 722 (1937).
- Sweeney, W. T. und Beall, J. R.:* American Dental Association Specification No. 3 for dental impression compounds, First Revision - 1939.
J. Amer. Dent. Assoc. 27, 713 (1940).
- Taylor, N. O., Sweeney, W. T. und Paffenbarger, G. C.:* A specification for dental impression compound.
J. Amer. Dent. Assoc. 18, 53 (1931).

Meinem verehrten Lehrer und Chef, Herrn Prof. Dr. med. dent. E. Dolder, möchte ich an dieser Stelle für die Anregung zur vorliegenden Arbeit und die jederzeit bereitwillige Unterstützung im Verlaufe derselben, sowie für die freundliche Überlassung des Werkstoffprüfungs-Laboratoriums am Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich recht herzlich danken. Für die wertvolle Hilfe und die Durchsicht des Textes bin ich der Oberassistentin an der Abteilung für Kronen und Brücken, Fräulein Dr. med. dent. B. Dubs, zu Dank verpflichtet. Gleichzeitig möchte ich Herrn Bissegger für die Photographien, die wesentlich zur Bereicherung meiner Ausführungen beigetragen haben, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

LEBENS LAUF

Als Bürger von Oberglatt/ZH wurde ich am 28. August 1928 in Oberglatt/ZH geboren. Nach 6 Jahren Primarschule (1935 bis 1941) besuchte ich für ein Jahr die Sekundarschule in Rümlang/ZH. Im Frühjahr 1942 bestand ich die Aufnahmeprüfung am Kantonalen Gymnasium in Zürich, aus dem ich im Herbst 1948 nach Abschluß der Matura (Typus B) entlassen wurde. Im gleichen Jahre immatrikulierte ich mich an der Universität Zürich. Nach 2 Semestern (Herbst 1949) bestand ich die naturwissenschaftliche und nach 5 Semestern (Frühjahr 1951) die anatomisch-physiologische Prüfung für Ärzte. Meine 5 zahnärztlichen Semester, die ich ebenfalls alle in Zürich absolvierte, schloß ich im Herbst 1953 mit dem Staatsexamen ab. Bis Ende des gleichen Jahres war ich darauf als Assistent in einer Privatpraxis in Winterthur tätig und seit dem 1. Januar 1954 arbeite ich als Assistent an der Abteilung für Kronen und Brücken (Prof. Dr. med. dent. E. Dolder) und an der prothetischen Abteilung (Prof. Dr. med. dent. A. Gerber) am Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich.

